



ALTERAÇÃO DO SISTEMA DE CORTE DE RECUPERADORA DO BREAKER

TIAGO JOÃO FERREIRA DA SILVA

agosto de 2020

ALTERAÇÃO DO SISTEMA DE CORTE DE RECUPERADORA DO *BREAKER*

Tiago João Ferreira da Silva
1100787

2019/2020

Instituto Superior de Engenharia do Porto
Departamento de Engenharia Mecânica

ALTERAÇÃO DO SISTEMA DE CORTE DE RECUPERADORA DO *BREAKER*

Tiago João Ferreira da Silva

1100787

Dissertação apresentada ao Instituto Superior de Engenharia do Porto para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica, realizada sob a orientação do Doutor Francisco José Gomes de Silva e coorientação do Doutor Raul Duarte Salgueiral Gomes Campilho, Professores Adjuntos do Instituto Superior de Engenharia do Porto.

2019/2020

Instituto Superior de Engenharia do Porto

Departamento de Engenharia Mecânica

JÚRI

Presidente

Arnaldo Manuel Guedes Pinto

Professor Adjunto, Departamento de Engenharia Mecânica, Instituto Superior de Engenharia do Porto

Orientador

Francisco José Gomes da Silva

Professor Adjunto, Departamento de Engenharia Mecânica, Instituto Superior de Engenharia do Porto

Co-orientador

Raul Duarte Salgueiral Gomes Campilho

Professor Adjunto, Departamento de Engenharia Mecânica, Instituto Superior de Engenharia do Porto

Arguente

António Manuel Bastos Pereira

Professor Associado com Agregação, Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade de Aveiro

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, os meus agradecimentos ao orientador desta dissertação, o Engenheiro e Professor Francisco José Gomes da Silva. Agradeço, o apoio, o conhecimento partilhado, o estímulo e a paciência que dedicou a este trabalho.

A todos os meus colegas de trabalho, amigos e familiares que me ajudaram durante a construção deste trabalho, que perderam o seu tempo para, de uma forma ou de outra me ajudaram quer no projeto propriamente dito, quer no suporte emocional.

Por fim, um agradecimento muito especial à minha mulher, Susana Teixeira, que sempre foi o meu fiel apoio, a minha muleta nesta dura caminhada, que nem na minha ausência e na falta de atenção para com ela durante este período, me faltou com uma palavra de incentivo, de apoio e foi, sem dúvida alguma, a força que me levou a concluir esta dissertação.

PALAVRAS CHAVE

Indústria Automóvel, Melhoria de Equipamento, Reforço Metálico Para Pneus, Corte Metálico do Reforço, *Scrap*, Qualidade, *Lean Manufacturing*.

RESUMO

A necessidade contínua de maximização da produtividade, em todos os setores ligados à indústria automóvel, leva à otimização e modernização de equipamentos e processos de fabrico. Consequentemente, é possível garantir um aumento da qualidade do produto final e uma maior eficiência durante a sua fabricação.

Neste trabalho, realizado numa empresa ligada à produção de pneus para a indústria automóvel, é posta em prática essa premissa sendo proposta a melhoria de uma máquina de corte metálico. Foram detetados vários problemas, quer no produto final quer no processo de fabrico. O produto, chamado de reforço metálico, encontra-se maioritariamente fora dos limites do especificado, apresentando defeitos como variações de largura ou demasiada tensão. A máquina também necessita de uma intervenção, de modo a assegurar o corte mais eficaz e preciso. É necessário modernizar o sistema, introduzir novos elementos mecânicos e utilizar as ferramentas do *Lean Manufacturing* para perceber e atestar a sua melhoria.

Com o objetivo de obter reforço metálico de qualidade e de forma rápida e contínua, o trabalho desenvolvido debruça-se sobre o estudo e desenvolvimento de um novo processo de corte, com tempos de *setup* bastante mais reduzidos, maior eficiência e menor *scrap* produzido. Foi também desenvolvido um projeto extra para melhorar o armazenamento do material no final do processo e outro para melhorar a organização do local de trabalho.

Em suma, com este projeto, foi possível transformar uma máquina antiga e com um processo de fabrico obsoleto, num equipamento fiável com maiores capacidades de produção e, com um produto final de maior qualidade e menos desperdício.

KEYWORDS

Automotive Industry, Equipment Improvement, Tire Reinforcement, Reinforcement Cutting, Scrap, Quality, Lean Manufacturing.

ABSTRACT

The continuing need for productivity maximization in all sectors related to the automotive industry leads to the optimization and modernization of equipment and manufacturing processes. Consequently, it is possible to guarantee an increase in the quality of the final product and a greater efficiency during its manufacture.

In this work, made in a company related to the production of tires for the automotive industry, this premise is put into practice, and the improvement of a metal cutting machine is proposed. Several problems were detected both in the final product and in the manufacturing process. The product, called metallic reinforcement, is mostly outside the specified limits, presenting defects such as width variations or too much tension. The machine also needs intervention to ensure the most effective and accurate cutting. It is necessary to modernize the system, introduce new mechanical elements and use Lean Manufacturing tools to understand and attest to their improvement.

Aiming at obtaining fast and continuous quality metallic reinforcement, the work developed focuses on the study and development of a new cutting process, with much shorter setup times, higher efficiency and less scrap produced. An extra project was also developed to improve material storage at the end of the process and another to improve workplace organization.

In short, with this project, it was possible to transform an old machine with an obsolete manufacturing process, into a reliable equipment with greater production capacities and, with a final product of higher quality and less scrap.

LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

Lista de Abreviaturas

ACAP	Associação Automóvel de Portugal
ADM-I	Administração Industrial
ADM-F	Administração Financeira
ADM-LRH	Administração de Logística e Recursos Humanos
AICEP	Agência para o Investimento e Comércio Externo de Portugal
AG	<i>Aktiengesellschaft</i>
APEX	Máquina Aplicadora de Cunhas
APCER	Associação Portuguesa de Certificação
CAP-PLY	Cinta Têxtil de Nylon® Calandrada
CA	Corrente Alternada
CC	Corrente Contínua
CE	<i>Conformité Européene</i>
CKD	<i>Completely Knocked Down</i>
CMIP	Continetal Mabor Indústria de Pneus
CO ₂	Dióxido de Carbono
CP	Capacidade Potencial do Processo
CPk	Capacidade Potencial do Processo na Pior Situação Possível
CPU	<i>Central Processing Unit</i>
CT	Construtora de Talões
CVT	Pneus de Veículos Comerciais
DC	Direção de <i>Controlling</i>
DCT	Direção de Contabilidade e Tesouraria
DE	Departamento de Engenharia
DIP	Direção de Industrialização do Produto
DP	Departamento
DQ	Departamento de Qualidade
DSIA	Direção de Segurança Industrial e Ambiente
DTI	Direção de Tecnologias de Informação

EN	Norma Europeia
ENEI	Estratégia Nacional para uma Especialização Inteligente
EU	Estados Unidos
F01	Fisher® número 1
F02	Fisher® número 2
F03	Fisher® número 3
F04	Fisher® número 4
F05	Fisher® número 5
FRQ	Fisher® Recuperadora de Breaker
GTC	<i>Green Tire Conveyor</i>
I&D	<i>Investigation and Development</i>
IPQ	Instituto Português da Qualidade
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
ITA	Indústria Têxtil do Ave
JIT	<i>Just In Time</i>
KM	<i>Karkasse Maschine</i>
MTC	<i>Machine Tolerance Check</i>
OEM	<i>Original Equipment Manufacture</i>
OICA	Organização Internacional de Construtores Automóveis
PIB	Produto Interno Bruto
PLC	<i>Program Logic Controller</i>
PLT	Pneus Ligeiros de Passageiros
POM	Polióxio de Metileno
PU	<i>Production Unit</i>
SC	Serviços Clínicos
SMED	<i>Single Minute Exchange of Die</i>
SUV	<i>Sport Utility Vehicle</i>
SWOT	<i>Strengths Weaknesses Opportunities Threats</i>
TPM	<i>Total Productive Maintenance</i>
TPS	<i>Toyota Production System</i>
TQM	<i>Total Quality Control</i>
UHP	<i>Ultra High Performance</i>

UUHP	<i>Ultra Ultra High Performance</i>
U.E.	União Europeia
VSM	<i>Value Stream Mapping</i>

Lista de Símbolos

%	Porcentagem
π	Pi
ω	Velocidade Angular
L	Comprimento
P	Potência
r	Raio
R.P.M.	Rotações Por Minuto

LISTA DE UNIDADES

dB	Decibel
KPa	Kilopascal
m	Metro
mm	Milímetro
MPa	Megapascal
N	Newton
n	Rotações por minuto
Nm	Newton metro
N/m ²	Newton por metro quadrado
Pa	Pascal

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1—DESMONTAGEM PARA ENVIO COMO CKD NA FÁBRICA DE WÖRTH DA ANTIGA DAIMLER-BENZ AG [8].	9
FIGURA 2 - ÁREA DESTINADA AO SISTEMA CKD [9].	9
FIGURA 3 - RENAULT CACIA, FÁBRICA DO GRUPO RENAULT [10].	10
FIGURA 4 - EVOLUÇÃO DA AUTOEUROPA [12].	10
FIGURA 5 - CICLO REPRESENTATIVO DA RELAÇÃO FABRICANTE FORNECEDOR [14].	12
FIGURA 6 - COMPLEXIDADE NO <i>DESIGN</i> , PRODUÇÃO E NEGÓCIO [15].	13
FIGURA 7 - ÁREA DE ATUAÇÃO NA NORMA ISO 9001 [16].	14
FIGURA 8 - PILARES DA TPS [14].	16
FIGURA 9 - EXEMPLO DE GESTÃO VISUAL.	20
FIGURA 10 - SIGNIFICADO DA PALAVRA KAIZEN.	20
FIGURA 11 - SIGNIFICADO DAS LETRAS QUE CONSTITUEM A PALAVRA SWOT.	21
FIGURA 12 - PASSADO VS PRESENTE DA SOLDADURA DOS CHASSIS AUTOMÓVEIS [27].	22
FIGURA 13 - VOLUME DE PRODUÇÃO VS DIVERSIDADE DE PRODUTO [24].	24
FIGURA 14 - LINHA DE MONTAGEM TOTALMENTE ROBOTIZADA [30].	26
FIGURA 15 - DIAGRAMA DE BLOCO DE UM AUTÓMATO [14].	27
FIGURA 16 - TIPOS DE MANUTENÇÃO INDUSTRIAL.	31
FIGURA 17 - CONTINENTAL PELO MUNDO [35].	36
FIGURA 18 - ÁREAS DE ATUAÇÃO DO GRUPO CONTINENTAL.	37
FIGURA 19 - LOCALIZAÇÃO DAS INSTALAÇÕES EM PORTUGAL.	38
FIGURA 20 - INSTALAÇÕES DA ANTIGA MABOR [36].	38
FIGURA 21 - INSTALAÇÕES CONTINENTAL MABOR [38].	39
FIGURA 22 - ORGANIGRAMA REPRESENTATIVO DA CIMP.	41
FIGURA 23 - PNEU EM CORTE E SUAS CAMADAS [39].	42
FIGURA 24 - QUANTIDADES DOS DIVERSOS CONSTITUINTES [40].	44
FIGURA 25 - DP1, MISTURAÇÃO [40].	45
FIGURA 26 - DP2, PREPARAÇÃO [40].	45
FIGURA 27 - DP3, CONSTRUÇÃO [40].	46
FIGURA 28 - DP4, VULCANIZAÇÃO [40].	46
FIGURA 29 - DP 5, INSPEÇÃO FINAL [40].	47
FIGURA 30 - EXEMPLO DE ETIQUETA APLICADA [40].	47
FIGURA 31 - ARMAZENAMENTO.	48
FIGURA 32 - ETAPAS DO PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE PNEUS.	48
FIGURA 33 - ETAPAS A PERCORRER, PARA OBTER <i>BREAKER</i> OU REFORÇO, NAS MÁQUINAS PARA O EFEITO.	49
FIGURA 34 - SISTEMA DE CORTE DE <i>BREAKER</i> (A)VS SISTEMA DE CORTE DE REFORÇO (B).	50
FIGURA 35 - SISTEMA DE CORTE FIXO ATUAL.	50
ALTERAÇÃO DO SISTEMA DE CORTE DE RECUPERADORA DO <i>BREAKER</i>	

FIGURA 36 - PASSADEIRA DE ACESSO E RESPECTIVAS GUIAS DE CORTE.....	51
FIGURA 37 - ESTRUTURA QUE SERVE DE BASE AO SISTEMA DE CORTE.....	51
FIGURA 38 - BOBINE DE ENROLAMENTO DE MATERIAL.	51
FIGURA 41 - ANILHAS DE 35 MM, 45 MM E 55 MM RESPECTIVAMENTE.	54
FIGURA 39 - CHAVETA.	54
FIGURA 40 - VEIO COM CHAVETA.	54
FIGURA 42 - LÂMINA DE CORTE.	55
FIGURA 43 - ENGRENAGENS DE DENTES RETOS.....	55
FIGURA 44 - CHUMACEIRA DE APOIO AOS VEIOS.	55
FIGURA 45 - EXEMPLO DE CORTE DE BREAKER RESULTANTE DO CORTE.....	56
FIGURA 46 - AVANÇO DIFERENTES DAS LÂMINAS (DIMENSÕES EM MM).....	56
FIGURA 47 - EXEMPLO DE COLOCAÇÃO DE LÂMINAS PARA RECUPERAÇÃO.	57
FIGURA 48 - VEIO ESTRIADO.....	57
FIGURA 49 - VISTA DE FRENTE DO VEIO.	58
FIGURA 50 - DISCO DE CORTE COM ESTRIADO.	58
FIGURA 51 - EXEMPLO DE MONTAGEM COM DISCOS ESTRIADOS.	58
FIGURA 52 - MONTAGEM PROJETO 3.	59
FIGURA 53 - CARRO GUIA DE LÂMINA.....	59
FIGURA 54 - VISTA EXPLODIDA DA GUIA.	60
FIGURA 55 - EXEMPLIFICAÇÃO DA UTILIZAÇÃO DOS VEIOS ROSCADOS NOS FUROS DAS GUIAS.	60
FIGURA 56 - MOTORES COM ENCODERS QUE CONTROLAM OS VEIOS DE 12 MM.	61
FIGURA 57 - EXEMPLO DE INSEGURANÇA.	62
FIGURA 58 - NOVO SISTEMA DE CORTE.	63
FIGURA 59 - FORMA DE ACIONAMENTO DO SISTEMA.....	64
FIGURA 60 - APOIO DE CHUMACEIRAS.....	64
FIGURA 61 - SUPORTE LATERAL.....	65
FIGURA 62 - APOIOS LATERAIS.	65
FIGURA 63 - EXEMPLO DE FIXAÇÃO DOS SUPORTES.	65
FIGURA 64 - CONJUNTO DE CORTE.	66
FIGURA 65 - VISTA DE CIMA DO SISTEMA DE CORTE.	66
FIGURA 66 - GUIAS DE LÂMINA DE CORTE.	67
FIGURA 67 - APOIO DE VEIO ROSCADO.	67
FIGURA 68 - EXEMPLIFICAÇÃO DE LIGAÇÃO AOS MOTORES.	68
FIGURA 69 - SINALIZAÇÃO DO LUGAR DO PLC E DO ECRÃ QUE O CONTROLA.....	68
FIGURA 70 - SISTEMAS DE PARADA DE EMERGÊNCIA DA MÁQUINA.	69
FIGURA 71 - SEMÁFORO DE SINALIZAÇÃO DO ESTADO DA MÁQUINA.	69
FIGURA 72 - TAMPA DE COBERTURA DO TOPO DA ESTRUTURA.	70
FIGURA 73 - MALHA DESENVOLVIDA PARA OS TESTES ESTÁTICOS.	72

FIGURA 74 - TESTE DE CEDÊNCIA À HASTE DA GUIA MAIS PEQUENA.....	73
FIGURA 75 - DESLOCAMENTO MÁXIMO SOFRIDO PELA HASTE DA GUIA MAIS PEQUENA.....	74
FIGURA 76 - MALHA CRIADA PARA OS TESTES DA GUIA.	74
FIGURA 77 - TESTE DE CEDÊNCIA À HASTE DA GUIA MAIOR.....	75
FIGURA 78 - DESLOCAMENTO MÁXIMO SOFRIDO PELA HASTE DA GUIA MAIOR.....	75
FIGURA 79 - ANEL DESLIZANTE IGUS.	76
FIGURA 80 - SISTEMA DE PULVERIZAÇÃO.	76
FIGURA 81 - LUBRIFICADOR.....	77
FIGURA 82 - CONJUNTO BATERIA E TEMPORIZADOR [46].	77
FIGURA 83 - SISTEMA DE LUBRIFICAÇÃO EXTERNA.....	78
FIGURA 84 - EXEMPLO DE APLICAÇÃO.	78
FIGURA 85 - VISTA DO SISTEMA DE LUBRIFICAÇÃO DOS VEIOS, POR CIMA DA MÁQUINA.	78
FIGURA 86 - VEIOS ONDE VAI SER APLICADA A MASSA LUBRIFICANTE.	79

ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 1 - PRODUÇÃO AUTOMÓVEL NO MUNDO (UNIDADES)[4].	7
TABELA 2 - PRODUÇÃO AUTOMÓVEL EM PORTUGAL (UNIDADES) [4].	11
TABELA 3 - DESCRIÇÃO DOS DESPERDÍCIOS DE TAIICHIOHNO.....	17
TABELA 4 - DESCRIÇÃO DOS 5'S [21].	19
TABELA 5 - EXEMPLO DE FORÇAS, FRAQUEZAS, OPORTUNIDADES E AMEAÇAS, DE UM CASO DE ESTUDO ELABORADO NUMA EMPRESA [24].....	22
TABELA 6 - SENSORES MAIS APLICADOS NA INDÚSTRIA.	27
TABELA 7 - ATUADORES MAIS UTILIZADOS NA INDÚSTRIA.....	28
TABELA 8 - DESCRIÇÃO DAS VÁRIAS INSTALAÇÕES.....	38
TABELA 9 - DESCRIÇÃO DOS COMPONENTES ASSINALADOS NA FIGURA 23.	43
TABELA 10 - DESCRIÇÃO DOS CONSTITUINTES ILUSTRADOS ANTERIORMENTE.	44
TABELA 11 - ANÁLISE SWOT DA PROPOSTA 1 E 2.	62
TABELA 12 - ANÁLISE SWOT DA PROPOSTA 3.	63
TABELA 13 - CONDIÇÕES NUMÉRICAS DA SIMULAÇÃO.	71
TABELA 14 - CONDIÇÕES NUMÉRICAS DO TESTE.	73
TABELA 15 - PLANO DE MANUTENÇÕES PARA A MÁQUINA DE CORTE.....	80

ÍNDICE

1	INTRODUÇÃO	3
1.1	Enquadramento	3
1.2	Objetivos	3
1.3	Research Action	4
1.4	Estrutura da dissertação	4
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	7
2.1	A indústria automóvel	7
2.1.1	A indústria automóvel em Portugal	8
2.1.2	Particularidades da indústria automóvel	12
2.2	Lean Manufacturing	15
2.2.1	Desperdícios	16
2.2.2	Ferramentas do Lean Manufacturing	18
2.2.2.1	Metodologia 5 S's	18
2.2.2.2	Gestão Visual	19
2.2.2.3	Kaizen	20
2.2.2.4	SMED - Single Minute Exchange of Die	21
2.2.2.5	Análise SWOT	21
2.3	Automação	22
2.3.1	Automação na Indústria Automóvel	24
2.3.1.1	Automação Fixa	24
2.3.1.2	Automação Programável	24
2.3.1.3	Automação Flexível	25
2.3.2	Processos Robotizados	25
2.3.3	Processos Automatizados	26
2.3.4	Sensores	27
2.3.5	Atuadores	28
2.4	Cálculos e Simulações	29
2.5	Manutenção	30
3	DESENVOLVIMENTO	36

3.1	Caracterização da Empresa.....	36
3.1.1	Caracterização do Produto	42
3.1.1.1	Fluxo de Materiais.....	45
3.1.2	Caracterização da Máquina	49
3.1.3	Processo Produtivo	50
3.2	Identificação e Caracterização de Problemas.....	52
3.3	Brainstorming.....	53
3.3.1	Proposta 1.....	54
3.3.2	Proposta 2.....	57
3.3.3	Proposta 3.....	59
3.4	Projeto.....	61
3.4.1	Descrição.....	63
3.4.2	Cálculos e Simulações	70
3.4.3	Lubrificação.....	75
3.5	Orçamentação.....	79
3.6	Plano de Manutenção	80
4	CONCLUSÕES E PROPOSTAS DE TRABALHOS FUTUROS.....	85
4.1	CONCLUSÕES.....	85
5	BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO	89
5.1	Livros, normas e artigos	89
6	ANEXOS.....	99

INTRODUÇÃO

1.1 Enquadramento

1.2 Objetivos

1.3 Metodologia

1.4 Estrutura da Dissertação

1 INTRODUÇÃO

1.1 Enquadramento

O automóvel é o meio de transporte mais usado, devido ao constante aumento da necessidade de mobilidade do ser humano. A sua produção é por isso elevada, obrigando desta forma as indústrias parceiras a estarem capacitadas para responder a esta procura com componentes com altos padrões de qualidade.

A indústria de componentes é uma área com muita normalização, extremamente competitiva, o que exige investimento e melhoria contínua, para poder manter os altos padrões de qualidade.

Na indústria de pneus a premissa anterior é visível, tentando-se alcançar custos de produção baixos e prazos de entrega reduzidos. Por outro lado, tenta-se maximizar a capacidade de produção e a qualidade do componente, só alcançada com a melhoria contínua.

Esta dissertação aborda a necessidade de produzir uma matéria prima de pneus, reforço metálico, que apresenta alguns problemas na sua obtenção. É necessária a melhoria do processo produtivo deste componente, de forma a garantir propriedades, acelerar a produção e melhorar o equipamento.

1.2 Objetivos

O presente trabalho teve como objetivo a optimização de um processo produtivo, já existente na empresa. Este processo caracteriza-se por ser lento, pouco automatizado, com elevado tempo de *setup* e altamente dependente da intervenção de operadores. Para além disso, recentemente, verificou-se o aumento da produção de pneus que necessitam do subproduto proveniente deste processo.

Assim, tornou-se necessário alterar este sistema, convertendo-o em algo bastante mais sofisticado e fiável. Este equipamento necessita tornar-se compatível com outros, presentes nas instalações, colocando os seus parâmetros de qualidade e capacidade de produção de acordo com o que é usual nesta empresa.

Para a resolução dos problemas e posterior evolução do processo, traçou-se um plano de ação com os seguintes objetivos:

- Análise e diagnóstico do processo produtivo;
- Identificação das falhas e pontos a melhorar;
- Revisão bibliográfica sobre as temáticas necessárias ao desenvolvimento deste trabalho;
- Estudo de possíveis soluções;

- *Brainstorming* e definição das soluções escolhidas;
- Listagem das vantagens e desvantagens das soluções selecionadas;
- Elaboração de estudos sobre a implementação e funcionamento;
- Orçamentação;
- Escolha do melhor projecto;
- Análise SWOT (ferramenta de *Lean Manufacturing* que executa uma análise sobre os pontos fortes e fracos).

1.3 Metodologia

Com vista à resolução dos objetivos acima mencionados, foi elaborada a seguinte lista de tarefas a seguir:

- Estudo e análise do sistema produtivo;
- Estudo dos requisitos a seguir, impostos pelo responsável do projecto;
- Elaboração de esboços;
- Apresentação à empresa das várias soluções encontradas;
- Escolha de três alternativas;
- Análise e caracterização de cada solução;
- Lista de peças mecânicas, sistemas elétricos e automação necessária;
- Apresentação de custos de cada projecto;
- Escolha da solução mais adequada;
- Projeto definitivo;
- Lista de manutenções preventivas;
- Conclusões sobre o projecto;
- Redação e entrega da dissertação.

1.4 Estrutura da Dissertação

A presente dissertação foi realizada com base numa estrutura dividida em quatro partes. Em primeiro lugar foi elaborada a introdução, que nada mais pretende do que introduzir o tema desta tese ao leitor, assim como dar a conhecer os objetivos e a estrutura da mesma. De seguida, a revisão bibliográfica elucida o leitor sobre o estado de arte sobre o tema principal. Com este capítulo, abordam-se temas teóricos relacionados com o assunto da dissertação, dando a conhecer dados técnicos e científicos, devidamente fundamentados em livros publicados e periódicos científicos dedicados à matéria. O terceiro capítulo é o desenvolvimento do projecto mecânico propriamente dito, dando a conhecer a evolução do projecto, a análise do sistema existente, soluções encontradas, refinação da projecto final e sua estrutura e implementação.

Por fim, numa última parte, serão descritas as principais conclusões sobre o projecto.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 A Indústria Automóvel

2.2 Lean Manufacturing

2.3 Automação

2.4 Cálculos e Simulações

2.5 Manutenção

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 A Indústria Automóvel

A indústria automóvel é um dos grandes pilares da economia mundial, empenhada na constante inovação e apostando em fatores como produtividade e qualidade, procurando realizar novos projetos cada vez mais desafiantes para a engenharia, tendo sempre em conta os custos de produção e desenvolvendo as melhores técnicas de fabrico. Neste sentido, as indústrias paralelas ao sector automóvel, como a indústria têxtil ou outras indústrias metalomecânicas, têm de acompanhar este desenvolvimento, o que implica uma grande flexibilidade e entrosamento entre setores. Os produtores de componentes participam de forma ativa no desenrolar do projeto, o que permite consolidar competências baseadas em qualidade, custos e prazos de entrega, assim como desenvolver capacidades de engenharia. Os fabricantes recorrem cada vez mais a estratégias de *outsourcing* no desenvolvimento dos seus produtos, tornando os seus fornecedores membros ativos [1].

Os fornecedores aumentaram o peso da sua participação neste setor, tanto na criação de emprego como na movimentação de investimentos industriais [2]. Desta forma, para responder à crescente evolução, foi necessária a criação e adaptação de novos modelos organizacionais, que formataram as empresas para uma produção *Just-In-Time* e para a utilização de *LeanProduction* (temas a desenvolver mais à frente). Estas medidas aumentam a competitividade, reduzem os preços, os prazos de entrega e levam ao aumento da qualidade dos produtos, gerando pressões não só ao nível interno como a todas as empresas subcontratadas [3]. Mas nem todas as empresas conseguiram acompanhar esta onda de constante modernização e evolução, e cedem à pressão instalada nesta rede industrial, permanecendo somente aqueles capazes de dar resposta às iniciativas evolutivas que surgem aos vários níveis.

Na Tabela 1 estão representados os dados relativos à construção de automóveis, no mundo, comparando 2015 e 2016.

Tabela 1 - Produção automóvel no mundo (Unidades)[4].

	2015	2016	% variação
Veículos ligeiros de passageiros	68 539 516	72 105 435	+ 4,9%
Veículos comerciais	22 241 067	22 871 134	+ 2,8%
Total	90 780 583	94 976 569	+ 4,5%

Segundo os dados mais recentes da Organização Internacional de Construtores Automóveis (OICA), no que diz respeito à produção automóvel, é possível observar na

Tabela 1 um aumento de 4,5% no número de unidades vendidas de 2015 para 2016, aumento esse mais significativo devido ao aumento da produção de veículos ligeiros de passageiros.

Em suma, pode-se descrever a indústria automóvel como a “indústria das indústrias” [1], a qual revitaliza toda uma cadeia que envolve uma vasta diversidade de setores associados a esta, tanto a nível organizacional como tecnológico, que segue um trajecto, que tem início na matéria-prima, passa pelos fornecedores e termina no consumidor final [1]. Por fim, a indústria automóvel é uma indústria impulsionadora e que está em constante desenvolvimento.

2.1.1 A Indústria Automóvel em Portugal

Inicialmente, a indústria automóvel presente no nosso país não se desenvolveu à mesma velocidade, comparativamente com a maior parte dos outros países que participam neste setor. Facilmente se descreve como sendo um setor pouco disperso, com mão-de-obra pouco qualificada e tecnologicamente pouco avançado, o que vai contra o encontrado no resto do mundo, visto ter sofrido uma evolução mais notória e competitiva. Contudo, atualmente Portugal fabrica mais veículos automóveis do que alguns países europeus tradicionalmente produtores de automóveis como a Suécia, Holanda, Finlândia e Áustria. Não sendo um grande produtor, Portugal tem um lugar de honra na lista dos cerca de 40 países fabricantes mundiais de automóveis [5]. Portugal mudou radicalmente, graças ao investimento estrangeiro e às políticas industriais tomadas, que levaram à instalação de unidades de montagem local durante as últimas décadas.

É fundamental referir três grandes momentos, para justificar esta mudança radical do nosso país.

O primeiro foi a intervenção do estado português, em meados dos anos 60, com a "*Lei de Montagem*", que muito sucintamente só permitia a importação de veículos CKD (*Completely Knocked Down*), ou seja, só era permitida a importação de carros por montar [6]. Isso mesmo pode ser visto na Figura 1.

A carroçaria, e as partes individuais correspondentes, são removidas da sequência de fabricação normal e embaladas. Essas partes eram enviadas para Portugal, e uma vez cá, as peças eram montadas segundo os requisitos do nosso país (Figura 2).

Nesse tempo, só era permitido importar 75 unidades automóveis anuais por fabricante internacional. A única exceção era importar em CKD, para que deste modo, fosse incorporado trabalho nacional superior a 15% do custo do veículo completo [7].



Figura 1—Desmontagem para envio como CKD na fábrica de Wörth da antiga Daimler-Benz AG [8].



Figura 2 - Área destinada ao sistema CKD [9].

Segue-se em 1977 a entrada da Renault em solo português, que com o seu projeto abriu portas às importações e ao investimento estrangeiro. Foi possível criar quadros mais especializados, tornando os operários mais qualificados. Contudo, este projeto cessou no final da década de 90 [6]. Neste projeto, existiam três unidades de produção distintas. Em Setúbal, estava instalada uma unidade de produção de montagem automóvel, com uma cadência na ordem das 80 000 viaturas/ano. Em Cacia, situava-se uma unidade destinada à produção de motores e caixas de velocidades. Esta unidade fabril, em 1986, conseguiu atingir a marca das 80 000 caixas de velocidades e 220 000 motores fabricados. As peças desta fábrica destinavam-se a abastecer Setúbal e à exportação. Também em Cacia, localizava-se a FUNFRAP, Fundação Portuguesa, S.A.. Com capacidade para fundir 16 000 toneladas de brutos de fundição, tinha como função o abastecimento das peças para os outros polos do projeto Renault (Figura 3).



Figura 3 - RENAULT CACIA, fábrica do Grupo RENAULT [10].

Por fim, o terceiro marco a referenciar é a criação da AutoEuropa. Esta empresa instalou-se em Portugal no início dos anos 90, e consigo trouxe a maior alavanca para o impulsionamento da indústria automóvel em Portugal. Nasce de uma "join-venture" entre a Volkswagen e a Ford, onde a primeira fica responsável pelo desenvolvimento de veículos e a Ford planeia as instalações fabris e o aprovisionamento [11]. Este projeto abriu as portas aos investimentos e ao mercado, levando ao crescimento económico, devido ao aumento do volume de montagem e da incorporação nacional de veículos produzidos [12] (Figura 4).



Figura 4 - Evolução da AutoEuropa [12].

Este megaprojeto contribuiu decisivamente para o melhoramento dos padrões de especialização da estrutura industrial portuguesa, não só através da instalação de cerca de duas dezenas de unidades industriais de produção de componentes automóveis, mas também devido ao reforço da confiança na abordagem ao mercado externo [6]. Na União Europeia, a indústria automóvel produz anualmente cerca de 17,2 milhões de automóveis ligeiros de passageiros e comerciais, emprega 2,3 milhões de pessoas e representa cerca de 7,6% da mão-de-obra da indústria europeia.

Portugal contribui com uma fatia responsável por um volume de negócios de 6,5 mil milhões de euros e gera 31700 postos de trabalho diretos [5].

Na Tabela 2 é possível verificar a produção automóvel em 2015 e 2016.

Tabela 2 - Produção automóvel em Portugal (Unidades) [4].

	2015	2016	% Variação
Veículos ligeiros de passageiros	115 468	99 200	-14,1%
Veículos comerciais	41 158	43 896	+ 6,2%
Total	156 626	143 096	-8,6 %

Como é possível ver, de 2015 para 2016 houve um decréscimo de 8,6% na produção automóvel, devido aos 16268 veículos ligeiros de passageiros produzidos a menos em relação ao ano transato. Este recuo não conseguiu ser colmatado com o aumento da produção de comerciais, que aumentou 2738 unidades.

Comparando estes dados com os apresentados na Tabela 1, onde se apresenta informação relativa à produção mundial, é possível identificar os caminhos que Portugal segue em relação ao resto do mundo.

Apesar deste pequeno recuo, a economia portuguesa precisa da produção automóvel, se não verifica-se o seguinte [5]:

- Representa um universo de 28 mil empresas, 2,7% do emprego em Portugal, e um total de 140 mil postos de trabalho diretos;
- Atinge um volume de negócios de 24 mil milhões de euros;
- Contribui fortemente para as exportações: a produção de veículos automóveis e seus componentes, constitui um dos principais sectores exportadores em Portugal, representando 19,8% do total de produtos exportados;
- As receitas fiscais geradas pela venda e circulação automóvel em Portugal ascendem a mais de 6 mil milhões de euros, ou seja, a cerca de 4% do PIB e a 21% do total das receitas fiscais.

2.1.2 Particularidades da Indústria Automóvel

A indústria automóvel atual tem a obrigação de se adaptar às constantes evoluções e mudanças que vai sofrendo.

Antigamente, existiam somente veículos únicos. Por outras palavras, a variedade de componentes era muito baixa, o que facilitava a sua produção, não sendo necessário recorrer a empresas externas que fabricassem componentes e peças. Nos dias que correm, isso é totalmente impossível, existindo um leque muito vasto de ofertas de veículos, mesmo dentro da própria gama, desde pequenos utilitários a grandes *Sport Utility Vehicle* (SUV), com equipamento base ou "full extras", sendo necessário diferentes componentes para ajudar. Para além do lazer, peças como escapes, estofos, travões, pneus e elementos mecânicos necessários à construção de um veículo, são fabricados por uma grande variedade de outras empresas [13](Figura 5).

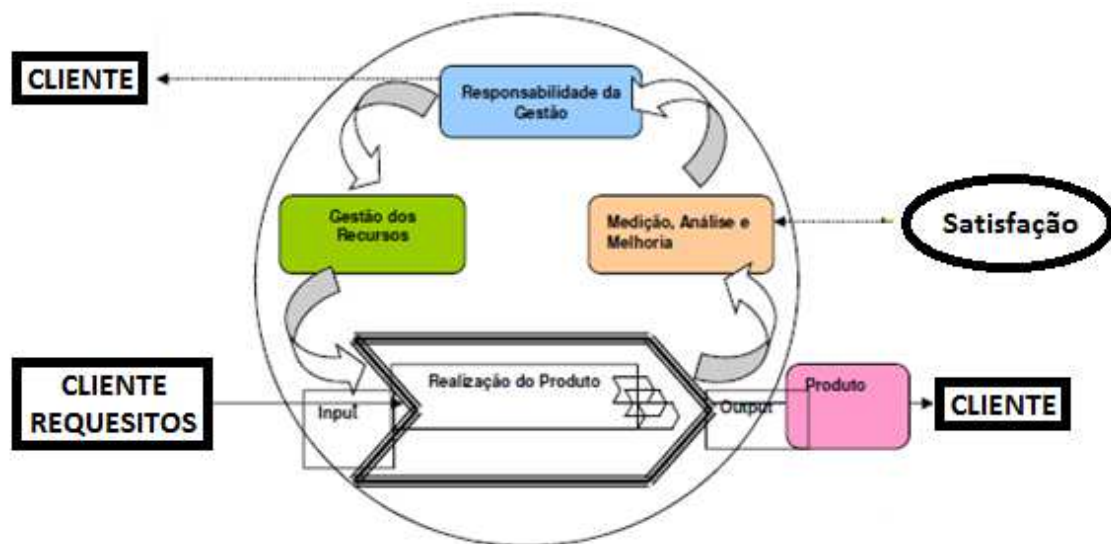


Figura 5 - Ciclo representativo da relação fabricante fornecedor [14].

Factores como custos, prazos de entrega e qualidade assumem um papel fundamental nas OEM's. Estas vêm-se obrigadas a reduzir os custos e os prazos de entrega, sem nunca descuidar a qualidade do produto. As marcas apresentam as suas exigências e requisitos, e esperam que a qualidade seja mantida em todos os passos inerentes do processo produtivo [15].



Figura 6 - Complexidade no *design*, produção e negócio [15].

A partir daqui, nasceu a necessidade de certificação dos fornecedores do sector automóvel, que apesar de inicialmente ser opcional, atualmente é uma exigência dos clientes.

Segundo o Instituto Português da Qualidade (IPQ), a normalização ajuda na redução de custos para fornecedores e clientes, aumenta a transparência do mercado, cria novos negócios e mantém os existentes, garantindo aos clientes que os produtos/serviços são de qualidade, segurança e respeitam o ambiente. A garantia da qualidade baseia-se num conjunto de ações que são implementadas no âmbito do sistema da qualidade, que visa atestar a confiança de uma determinada entidade durante a fabricação de um determinado produto.

Na Figura 7 visualizam-se as áreas de aplicação da norma ISO 9001. Esta norma de sistemas de gestão é a mais usada mundialmente, tornando-se numa referência internacional para a Certificação de Sistemas de Gestão da Qualidade.



Figura 7 - Área de atuação na norma ISO 9001 [16].

É necessário fazer menção da norma IAF 16949 (antiga ISO/TS 16949), uma certificação específica da indústria automóvel pois especifica os requisitos da ISO 9001 para a produção automobilística. Tanto fabricantes como fornecedores reconhecem a importância de seguir esta norma, de forma a manter os níveis rigorosos e específicos de qualidade. De salientar que é fundamental cumprir os requisitos do sistema de gestão da qualidade, de forma a criar um processo de melhoria contínua, com especial atenção na prevenção de defeitos e redução de variações na cadeia de fornecimento [17].

As marcas procuram incessantemente a redução dos custos de produção, e uma forma de obter essa redução passa por alargar o número de fornecedores, aumentando assim o poder negocial com os mesmos. Esta ação leva a outra palavra chave neste setor, competitividade[18]. O mercado automóvel é altamente competitivo, focando-se em dar respostas rápidas e adotar estratégias de forma a satisfazer as necessidades do mercado. As estratégias adotadas passam por identificar as necessidades e perceber as tendências dos consumidores, aumentar a oferta de produtos diferenciados através da inovação, da melhoria contínua dos métodos de produção e da organização dos produtos e serviços.

Porter (1979), em "*Modelos das Forças Concorrenciais de Porter*", apresenta uma estrutura para analisar a atratividade de uma empresa. Segundo ele, a atratividade de uma indústria depende do nível de intensidade concorrencial existente, assim como da rivalidade presente entre as empresas da área, do poder negocial dos clientes e de

fornecedores, das ameaças de novos concorrentes e dos produtos substitutos [14]. Todos estes fatores desencadeiam o aumento da competitividade global entre as empresas do sector automóvel.

Em suma, é possível afirmar que a indústria automóvel demonstra um comportamento dinâmico, sempre em evolução e mudança. Já se assistiu a produções artesanais (como o caso das marcas de "super-carros" Bugatti ou a clássica Rolls-Royce), produções em massa (política criada por Henry Ford, onde se começou a usar as primeiras fábricas com linhas de montagem), produções com baixos conjuntos de procedimentos padrão de forma a garantir o mínimo de uniformização (políticas de variedade de produtos de Alfred Sloan, antigo presidente da GM), produção magra (*Lean Manufacturing*) e também produções por encomendas.

2.2 Lean Manufacturing

O conceito de *Lean Manufacturing* tem vindo a revolucionar o sistema produtivo a nível mundial. Com origem no sector automóvel, tem sido implementado em diferentes tipos de indústria e serviços.

Com a necessidade de se produzir maiores quantidades de produto para satisfazer as necessidades do mercado, surgiu a produção em massa. Com esta medida, as empresas criaram um problema, o aumento de *stocks*.

A gestão eficaz dos *stocks* permite reduzir ou mesmo eliminar os desperdícios, favorecendo a produtividade de uma empresa. Para além disso, era necessário conciliar as vantagens da produção artesanal com as vantagens da produção em massa, permitindo assim eliminar as desvantagens de ambas (elevados custos da primeira e pouca flexibilidade da segunda).

No seguimento de um pensamento deste género, em meados dos anos 50, no pós 2ª Guerra Mundial, *Taichii Ohno* e *Eiji Toyoda* criaram o conceito de *Toyota Production System* (TPS, Figura 8). Este sistema, que viria a ficar conhecido também como *Lean Manufacturing*, tinha como principal objetivo aumentar a eficiência da produção através da eliminação do desperdício (aquilo que não agrega valor), através da melhoria contínua, com fluxo de material puxado, de forma a alcançar a qualidade total. Tem como bases o *Jidoka* (também designada de *Autonomation*) e a filosofia *Just-In-Time* (JIT) [19].

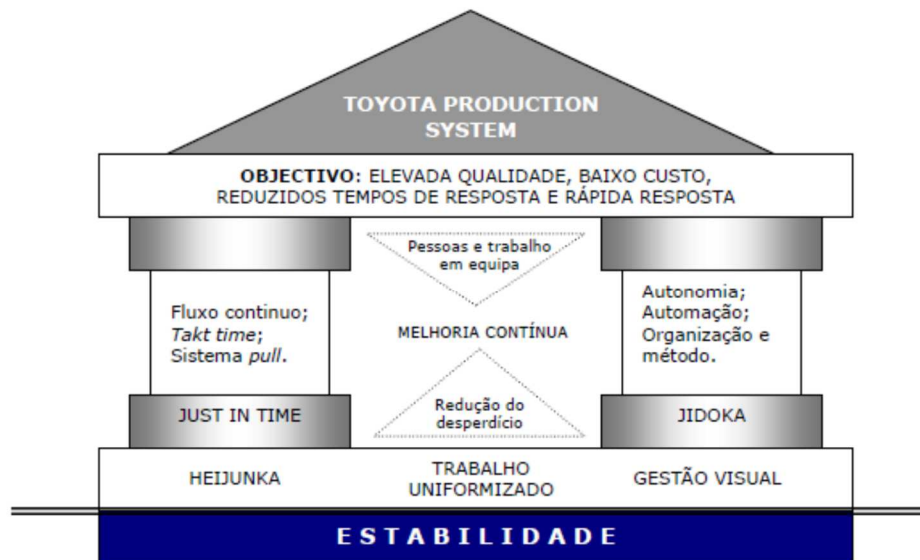


Figura 8 - Pilares da TPS [14].

O pilar *Just-In-Time*, que consiste na produção do que é necessário, no momento necessário e nas quantidades necessárias, de forma a eliminar por completo o desperdício, e o pilar *Jidoka*, que corresponde à capacidade que os equipamentos produtivos têm para pararem a produção quando alguma anomalia ocorre, evitando assim a produção de produtos com defeito.

Para Ohno (1988), era fundamental o bom funcionamento destas duas filosofias para o correto funcionamento do TPS, ou seja, os dois pilares fundamentais tinham de estar a trabalhar na mesma direção, não bastava um (Figura 8).

Estas metodologias são auxiliadas por outras ferramentas, no auxílio da redução de desperdício e no aumento da qualidade, nomeadamente:

- Organização do local de trabalho – Metodologia dos 5S;
- Análise *Value Stream Mapping* (VSM);
- Redução de *setups* (método SMED);
- Sistema de controlo *Kanban*;
- Sistemas anti-erro (*Poka-Yoke*).





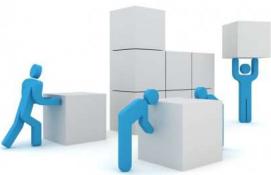

2.2.1 Desperdícios

Como já foi referido anteriormente, o *Lean Manufacturing* foca-se na eliminação de tudo aquilo que não agregava valor ao processo produtivo. Contudo, dentro destas atividades que não acrescentam valor, existem algumas necessárias. O processamento de salários e as inspeções da qualidade, embora sejam consideradas um desperdício, são fundamentais para uma empresa e devem ser minimizadas.

Taiichi Ohno, durante a elaboração do TPS, enumerou os principais tipos de desperdícios (7 "muda" como se designa no seu país), que prejudicam e não se traduzem em valor para o produto. Produzir o artigo antes de ser necessário, tempos

de espera ou defeitos, são alguns dos pontos que *Ohno* enuncia e estão resumidos na Tabela 3.

Tabela 3 - Descrição dos desperdícios de Taiichi Ohno.

Espera		Tempo de espera perdido devido a falta de informação, falta de materiais ou por erro humano.
Defeito		O defeito traz prejuízo à empresa, quer por se ter de reparar ou refazer o produto, quer pelo impacto negativo que causará no cliente.
Transporte		Toda a deslocação de produtos não agrega valor ao mesmo.
Movimentação		Toda a movimentação de pessoas, quer seja por necessitar de informação ou ferramentas, não agrega valor ao produto.
Excesso de Stock		Armazenamento excessivo de matérias primas, erros de inventário, demonstra falta de cuidado e falta de confiança nos fornecedores.
Excesso de Produto Acabado		Produção a mais do que aquilo que foi encomendado pelo cliente, erros na programação, retiram valor ao produto final.
Mau Processamento		São operações que envolvem o produto, mas não lhe agregam nenhum valor.

Existem, porém, outros autores que defendem um oitavo desperdício, sendo este diferente entre autores. Para Ortiz [20], a oitava lacuna a eliminar é o potencial humano não utilizado. Para este autor, um operador não é somente considerado mão-de-obra para o processo produtivo. Chris Ortiz defende que os operadores devem estar colocados onde se sentem confortáveis, para se poder extrair todo o potencial do trabalhador.

Outra teoria desenvolvida por Womack & Jones (1996), diz que é um desperdício quando um produto não vai de encontro às necessidades do cliente. Um exemplo deste problema existe quando uma empresa tem de produzir e projetar o produto. Caso não haja troca de informação suficiente entre cliente e empresa, na fase de concepção do produto, este pode não corresponder às expectativas do cliente e tornar-se um desperdício.

2.2.2 Ferramentas do Lean Manufacturing

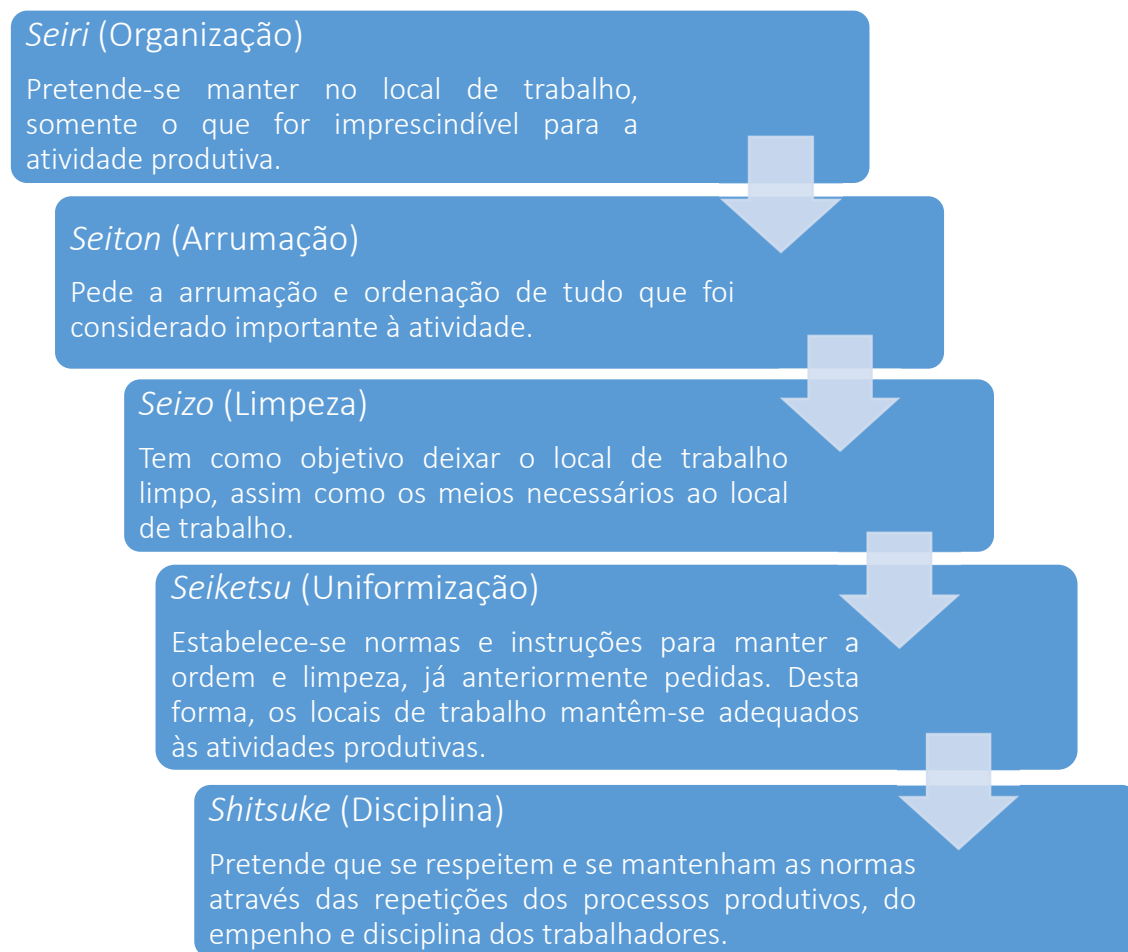
Para um correto funcionamento do *Lean Manufacturing* numa empresa, é necessário o uso de algumas ferramentas associadas à mesma, nomeadamente:

- 5S;
- Gestão Visual;
- *Kaizen*;
- *Single Minute Exchange of Die* (SMED);
- Análise SWOT.

2.2.2.1 Metodologia 5 S's

Esta ferramenta foi desenvolvida por *Kaoru Lshikawa*, em 1950, no Japão, e consiste numa metodologia de melhoria contínua. Para a sua adequada utilização é preciso percorrer cinco fases, cada uma delas intitulada por uma palavra japonesa cuja letra inicial é um S (Tabela 4).

Tabela 4 - Descrição dos 5'S [21].



2.2.2.2 Gestão Visual

A gestão visual é uma ferramenta que, apesar da sua aparente simplicidade, é bastante poderosa e eficaz. Os seres humanos recolhem bastante informação através da visão, e esta metodologia usa esse princípio a seu favor ao passar informações através de sinais visuais (nomeadamente fixação de informações), adequados aos postos de trabalho. Desta forma, introduz-se o princípio de transparência de processos nas empresas [22].

A informação fornecida deve complementar assuntos como a execução do processo produtivo, explicar como os materiais e ferramentas devem ser usados e armazenados, mostrar o controlo do inventário, indicar quando há necessidade de ajuda ou supervisão, identificar áreas perigosas e potenciar as operações anti-erro.

A grande vantagem desta metodologia está no facto de a sua execução ser simples e intuitiva, controlar melhor o processo produtivo, ajudar a evitar erros e desperdícios e conceder maior autonomia ao operador (Figura 9).

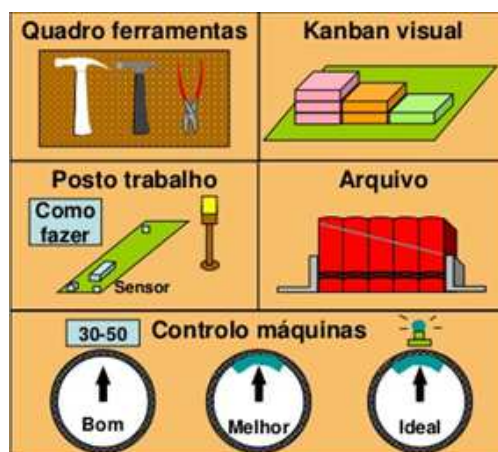


Figura 9 - Exemplo de gestão visual.

De salientar que a autonomia imposta obriga a um maior sentido de responsabilidade dos operadores no processo produtivo, o que leva a que estes tomem decisões com mais discernimento e rapidez, aumentando assim a qualidade e produtividade.

2.2.2.3 Kaizen

A metodologia Kaizen foi desenvolvida por Massakilmai, e o seu nome deriva da junção de duas palavras Japonesas, Kai e Zen. A primeira significa "mudança" e a segunda palavra traduz-se "para melhor", como retrata a Figura 10.



Figura 10 - Significado da palavra Kaizen.

Esta filosofia de melhoria contínua envolve todos os colaboradores de uma empresa, desde dos operadores passando pelos supervisores e até mesmo aos gestores.

Os avanços obtidos com esta ferramenta são, normalmente, pequenos e subtis a curto prazo. Contudo, a longo prazo os resultados tendem a ser grandes e notórios.

De salientar que o fator de sucesso nesta ferramenta é a mão-de-obra, são as pessoas, e não os equipamentos ou sistemas similares (Ortiz, 2006).

2.2.2.4 SMED - Single Minute Exchange of Die

O SMED, foi uma ferramenta desenvolvida por *Shigeo Shingo* em meados de 1960, no Japão. Esta metodologia preocupa-se com os tempos perdidos com *setups* de máquinas e outros tempos de preparação de equipamentos que obrigam à paragem do mesmo. A expressão "*Single Minute*", indica que o objetivo passa por reduzir estas paragens a tempos de um único dígito. Por outras palavras, paragens inferiores a 10 minutos[23].

O SMED toma particular interesse num tipo de *setup*, os internos. Segundo Shingo (1985), existem dois tipos de operações deste género, as operações internas e as externas. As internas são efetuadas quando a máquina se encontra parada, já as externas são realizadas com a máquina em funcionamento.

Muito resumidamente, pode-se separar em três etapas que caracterizam o SMED:

- Identificação e separação de *setup* internos e externos;
- Transformação das operações internas em externas;
- Melhoria sistemática das operações internas e externas.

O uso desta abordagem científica nas mudanças internas é relevante, pois é do interesse da unidade industrial reduzir o tempo de uma máquina parada, pois parada não acrescenta valor ao produto [14].

2.2.2.5 Análise SWOT

A análise *SWOT* foi desenvolvida em Harvard, em meados dos anos 60, e é a sigla inglesa descrita na Figura 11.

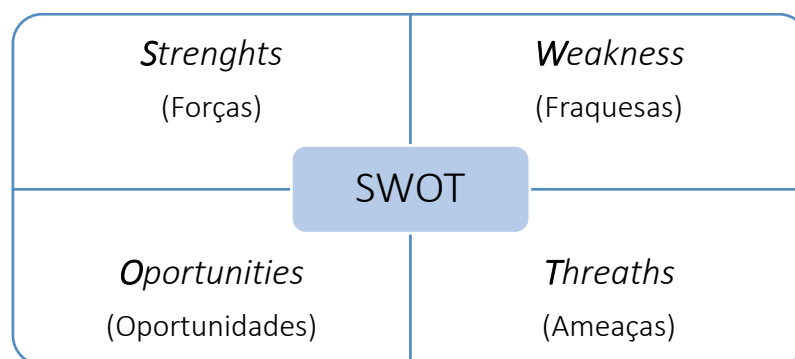


Figura 11 - Significado das letras que constituem a palavra SWOT.

Esta ferramenta foca numa análise interna das competências distintivas de uma empresa, nomeadamente a identificação dos pontos fortes e fracos. Numa fase posterior confrontam-se, num determinado espaço de tempo, as ameaças e oportunidades do ambiente externo, para desta forma determinar as melhores oportunidades e recursos para definição da estratégia da organização [14].

Tabela 5 - Exemplo de forças, fraquezas, oportunidades e ameaças, de um caso de estudo elaborado numa empresa [24].

Forças	Fraquezas
<ul style="list-style-type: none"> • Robustez • Fiabilidade • Precisão • Controlo 	<ul style="list-style-type: none"> • Reduzidos números de avarias
Oportunidades	Ameaças
<ul style="list-style-type: none"> • Melhoria Contínua • Investimento 	

2.3 Automação

O desenvolvimento tecnológico, a necessidade de maiores produções e a procura pela qualidade levam à introdução de sistemas autónomos na indústria. Como se tem observado ao longo do tempo, as indústrias procuram aumentar a eficiência dos processos produtivos, ao mesmo tempo que tenta diminuir a mão-de-obra envolvida e poupar nos recursos energéticos e materiais necessários. A automação (do latim "*automatus*", que significa mover-se por si) permitiu assim evoluir o sistema manual para um sistema automatizado, presente em diferentes indústrias, desde a indústria têxtil ou de componentes, à indústria farmacêutica ou química. Contudo, foi a indústria automóvel que mais tem contribuído para o crescimento e desenvolvimento de sistemas automatizados, permitindo assim manter a competitividade e aumentar as garantias de qualidade perante os seus clientes[25](Figura 12). Foi possível instalar sistemas automatizados que executavam operações como montagem, inspeção ou manipulação de produtos e, desta forma, diminuir a mão-de-obra envolvida no processo e em alguns casos até mesmo anulá-la. É de destacar que a diminuição da interação do trabalhador com o processo produtivo diminui o risco de acidente, ou seja, a integridade física e também psicológica do operador é preservada ao evitar tarefas perigosas[26].



Figura 12 - Passado vs presente da soldadura dos chassis automóveis [27].

São vários os fatores que impulsionam, cada vez mais, as empresas a automatizar os seus processos. Para Groover[22], os principais motivos são:

- Aumento da produtividade: a automatização de linhas de produção aumenta, geralmente, o output de produtos por unidade de tempo, comparando com um sistema idêntico, mas sem estar automatizado;
- Redução dos custos de produção: o investimento em sistemas autónomos é justificado como sendo o substituto da mão-de-obra. As máquinas já têm vindo a suceder ao trabalho do homem e desta forma reduzir os custos de produção;
- Aumento da qualidade do produto: o aumento da produção também aumenta a cadência de produtos que traz consigo maior precisão, eficiência e elimina desperdícios do sistema manual;
- Redução dos prazos de entrega: a automatização reduz o tempo de processamento do produto, traduzindo-se na redução da espera do cliente;
- Executar operações que não podem ser efetuadas manualmente: determinadas operações como transporte de cargas ou processar com precisão objetos de geometria complicada;
- Possibilidade de reduzir ou eliminar rotinas manuais: desta forma as tarefas repetitivas e monótonas tornam-se automatizadas, melhorando as condições de trabalho.

É, no entanto, importante referir que estas máquinas não vêm substituir os operadores a 100%, pois existe a falsa premissa de que quando a máquina substitui a função do homem, esse torna-se dispensável [15]. Mesmo em sistemas altamente automatizados, a mão-de-obra humana continua a ser necessária já que, é preciso ter na mesma operadores a controlar as máquinas e a monitorizar as linhas de produção. Em alternativa, pode-se recolocar o pessoal em posições que permitam detetar e eliminar possíveis erros da produção ou em processos de manutenção dos equipamentos, deixando assim tarefas repetitivas e sem valor acrescentado para os sistemas autónomos.

Contudo, é preciso uma análise detalhada quanto à automatização de certas indústrias, pois nem sempre se justifica esta troca. A implementação deste tipo de equipamentos pode ser bastante dispendiosa e o volume de produção não justificar a substituição[26].

De acordo com Groover (2007), existem três tipos de sistemas automatizados:

- Automação Fixa;
- Automação Programável;
- Automação Flexível.

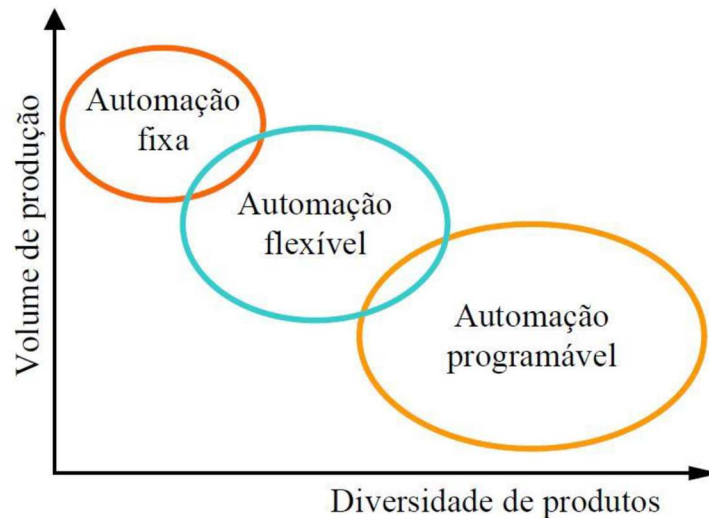


Figura 13 - Volume de produção vs Diversidade de produto [24].

A escolha do tipo de automação a implementar é feita em função do volume de produção e da diversidade de produtos fabricada. Como é possível determinar pela Figura 13, quando existe uma grande quantidade a produzir e com baixa variação do produto a fabricar, a automação fixa é a mais indicada. Caso se verifique o contrário, ou seja, quantidades baixas de produto e alta diversidade, é mais indicado uma automação programável. Caso se verifique uma situação intermédia às descritas anteriormente, considera-se estar perante uma automação flexível.

2.3.1 Automação na Indústria Automóvel

2.3.1.1 Automação Fixa

Neste tipo de automação, o processamento das operações é regido pela configuração do equipamento. Geralmente as operações são simples, consistindo em movimentos lineares ou rotativos, ou mesmo ambos. A complexidade do sistema é definida pela quantidade de interações necessárias e a sua coordenação.

A automação fixa caracteriza-se por taxas de produção elevadas. Contudo é necessário um alto investimento inicial no equipamento. Esse investimento inicial será facilmente recuperável, visto que o custo unitário do produto é baixo. Por outras palavras, a amortização só ocorre com elevadas vendas do produto. O único senão prende-se mesmo ao facto de ter uma reduzida variedade de produção dos produtos e, caso esse item fique obsoleto e saia de produção, perde-se o investimento inicial.

Um exemplo deste tipo de automação é a produção de copos de plástico ou a fabricação de papel.

2.3.1.2 Automação Programável

Na automação programável o volume de produção é baixo e a variedade de produtos é alta. Facilmente se modifica a sequência de funcionamento do processo produtivo, pois são comandadas por um programa, no qual existem códigos de instruções de

movimentos a realizar. Basta trocar essas instruções para que, desta forma, a máquina cumpra novas funções.

Tal como na automação fixa, esta também necessita de elevado investimento no equipamento, e é adequada para sistemas de produção em série.

A produção de cada série tem associado um sistema programado com as instruções de realização do produto. Pode existir também *setup* físico do equipamento, ou seja, a troca de peças ou ferramentas adequadas ao novo produto. Em contrapartida, os *setups* acrescentam tempo gasto no processo produtivo.

Os principais exemplos de automação programável são as *Computer Numeric Control*(CNC), e os *robots* industriais.

2.3.1.3 Automação Flexível

Esta automação tem características da automação fixa e da programável. Ela produz um volume considerável e permite produzir diferentes produtos, desde que sejam semelhantes, não perdendo tempo na realização de *setups*. O sistema executa vários programas de produtos, sem que seja preciso produzir uma série deste e uma série de outro. Basta os componentes a fabricar não serem muito diferentes, de modo a que a mudança necessária seja mínima.

Tal como nos tipos de automação anteriormente descritos, o investimento inicial é alto. Contudo permite a produção contínua de diferentes produtos e apresenta taxas de produção médias. Um exemplo deste tipo de automação são as operações de maquinagem, e nas linhas de produção automóveis.

Em suma, o recurso a mão-de-obra para o chão de fábrica tem vindo a diminuir, devido aos sistemas automatizados capazes de executar operações, antes realizadas pelo operador.

Os tipos de sistemas a implementar têm de coincidir com a variedade de produtos criados e com o volume de produção necessária, e o seu grau de automação é determinado pelo número de operações feitas pelo equipamento ou pelo homem. Em função da complexidade existente no controlo das funções da máquina, esta pode ser completamente automatizada ou semiautomática. Na primeira, o sistema funciona sem ser necessário um operador para o comandar. Já no segundo caso, as máquinas precisam de um trabalhador para assegurar o seu funcionamento, em que as funções individuais são garantidas pelo equipamento técnico, e são comandadas e completadas pelo operador.

2.3.2 Processos Robotizados

Em alguns países, onde o custo de trabalho humano é baixo, existem processos de fabrico que dependem essencialmente do desempenho dos trabalhadores. No entanto, existem riscos que podem ser induzidos pelo uso de trabalho intensivo, devido a incertezas relacionadas com o comportamento humano e fadiga. Fatores como estes, deram o mote para o desenvolvimento de equipamentos flexíveis e ágeis, com configurações simples e tempos de ciclo curtos [28].

De uma forma muito simplista, pode-se descrever um *robot* como um dispositivo mecânico articulado reprogramável que, através da sua capacidade de processamento, obtêm informação do meio envolvente pelos seus sensores e pelos comandos programados. A partir daqui, o *robot* toma as decisões necessárias sobre que ações executar, nomeadamente como manipula o produto ou como o produz.



Figura 14 - Linha de montagem totalmente robotizada [30].

Um bom exemplo deste tipo de *robot* é o representado na Figura 14. Este possui a capacidade de realizar várias ações, sejam elas simples ou complexas.

A aplicação de sistemas robotizados é imprescindível em alguns trabalhos, por exemplo, se determinado trabalho envolve estar num ambiente perigoso que seria prejudicial para o ser humano, pode ser executado por um *robot*. Também se estiver perante um processo produtivo que envolva movimentos repetitivos e/ou haja dificuldade na manipulação do produto, este, ao ser realizado por um sistema robotizado, normalmente adquire melhor consistência nos movimentos repetitivos e evidencia uma maior facilidade na sua manipulação. Por fim, em processos produtivos em que não possa haver interrupções (produção contínua), a utilização de *robots* é fundamental [15].

2.3.3 Processos Automatizados

A automatização é recorrentemente confundida com automação. Esta advém de um processo de automação e recorre a um uso bastante alargado de computadores para controlo de cilindros elétricos, sensores, entre outros, aplicado em diversas áreas do processo produtivo. A automatização pode ser implementada tanto no planeamento e desenvolvimento de projetos de engenharia, como nas áreas de *marketing* e compras.

Nos dias de hoje, as máquinas usadas na maioria dos processos produtivos carecem de sistemas automatizados para o seu correto funcionamento e controlo. Ao automatizar está-se, simultaneamente, a impulsionar a produtividade, reduzir custos e aumentar as garantias de qualidade. Estas são justificações, válidas para as empresas

(principalmente a indústria automóvel) criarem e implementarem sistemas automatizados nos seus processos produtivos[30].

Para controlo dos sistemas automatizados referenciados anteriormente, são introduzidos os *Program Logic Controllers*(PLC's), que criam uma ligação entre os elementos sensores e os elementos atuadores, através da recolha de informação por parte dos sensores e enviando ordens de comando aos atuadores. Os PLC's são parte integrante de um *Central Processing Unit* (CPU), com memórias e cartas de entrada e saída.

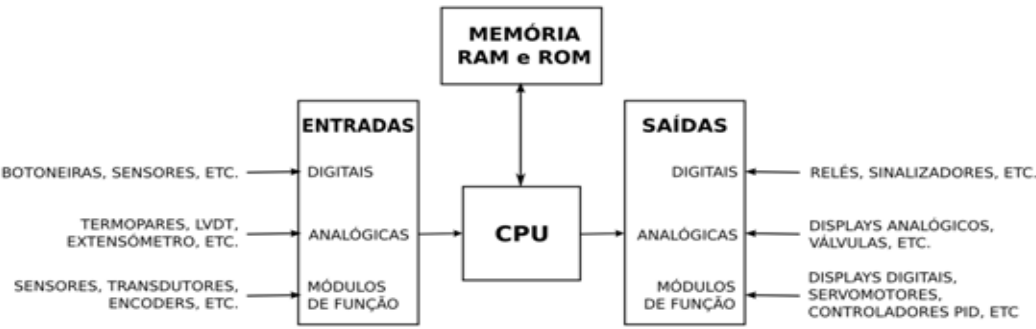






Figura 15 - Diagrama de bloco de um autómato [14].

A informação das entradas, que advém dos sensores, possibilita ao PLC tratar os dados recebidos sobre o processo em desenvolvimento e o que se passa com os seus constituintes. Depois de analisadas as informações recolhidas, são processadas as ordens a executar que são enviadas às saídas, neste caso os atuadores.

2.3.4 Sensores

São equipamentos que detetam uma variável física (movimento de massas, temperaturas, pressões, etc.), que origina um impulso elétrico, para que possa ser utilizado por um sistema eletrónico. Um sensor pode descrever-se como um dispositivo que converte um sinal de qualquer tipo num sinal que possa ser transmitido a um elemento indicador. Existem vários tipos de sensores, e na Tabela 6 estão apresentados os mais comuns e usados.

Tabela 6 - Sensores mais aplicados na indústria.

Sensores	Exemplo de apresentação
Sensor Indutivo	
Sensor Capacitivo	
Manómetro	
Sensor Fotoelétrico	

Os dois primeiros sensores da Tabela 6 são sensores de proximidade, ou seja, têm como função detectar a presença ou ausência do material em questão.

O primeiro, indutivo, detecta unicamente a presença de material ferroso. Neste sensor, é gerado um campo magnético alternado com alta frequência, que sofre interferência das correntes parasitas criadas pelos corpos metálicos. Devido a esta interferência, é emitido um sinal que indica a presença de material. Já o segundo, sensor capacitivo, tem a capacidade de identificar qualquer tipo de material, ferroso ou não. O funcionamento deste sensor baseia-se na alteração do dielétrico entre as armaduras do condensador, que tem origem na detecção de material.

Pode-se ainda visualizar o manômetro, instrumento usado para medir pressões e o sensor fotoelétrico. Este último emite um feixe luminoso para detectar a presença ou ausência de um objeto. Esta tecnologia é uma alternativa aos sensores indutivos, quando se pretende ter alcances longos e/ou quando o item a ser detectado não é metálico.

2.3.5 Atuadores

Estes componentes são capazes de transformar energia elétrica, hidráulica ou pneumática em energia mecânica. Tanto os atuadores hidráulicos como os pneumáticos são acionados por fluidos em movimento. Funcionam com óleo comprimido (energia hidráulica), ou são acionados por ar comprimido (energia pneumática) respectivamente, executando movimentos lineares, rotativos e semi-rotativos ou angulares [24]. Já os atuadores elétricos, geram movimento mecânico através da conversão de energia elétrica em energia cinética.

Na Tabela 7 estão representados os atuadores mais comuns, utilizados na indústria.

Tabela 7 - Atuadores mais utilizados na indústria.

Cilindro de Simples Efeito	
Cilindro de Duplo Efeito	
Cilindro sem Haste	
Encoder Rotativo Incremental	
Motor C.C. (Corrente Contínua)	
Motor C.A. (Corrente Alternada)	

O cilindro de simples efeito é acionado através da força de pressão de ar, que obriga ao movimento linear da haste num sentido. O retorno à posição inicial é obtido com o auxílio de uma mola interna ou uma força externa.

O cilindro de duplo efeito funciona de forma idêntica ao de simples efeito. A diferença reside no facto de a pressão de ar movimentar o êmbolo nas duas direções, eliminando assim a mola ou força externa.

O cilindro sem haste, como o próprio nome indica, não tem haste e o pistão é deslocado por um carro guiado, o qual desliza numa fita circulante. Este cilindro desloca-se nas duas direções devido a um sinal pneumático dado na câmara oposta. Existe uma segunda variação deste atuador, em que o carro deslizante está ligado diretamente ao êmbolo da câmara, onde uma membrana é responsável por fazer a vedação da câmara para o exterior [32].

O *encoder* incremental funciona como um sensor que tem a capacidade de obter os dados sobre a posição ou velocidade de uma peça ou equipamento. A leitura, geralmente, é obtida através da passagem de um feixe de luz por um disco com "janelas" radiais transparentes e opacas. As imagens obtidas são convertidas em impulsos elétricos, sendo cada impulso uma posição lida pelo dispositivo.

Por último, os motores de corrente contínua e os motores de corrente alternada. Os primeiros são caracterizados pela sua flexibilidade e precisão. Também chamado de servo motor, este atuador consegue assegurar o valor de binário quando sofre variações de velocidade.

Os motores de corrente alternada são atuadores elétricos que são alimentados por corrente alternada. Estes motores convertem energia elétrica em energia mecânica, através da ação mútua de campos magnéticos. Podem ser síncronos ou assíncronos, sendo estes últimos os mais utilizados na indústria.

2.4 Cálculos e Simulações

É essencial ter em conta alguns valores para o projeto mecânico em geral, como velocidade e pressão de corte. Para além disso, é preciso comprovar que os elementos mecânicos sejam capazes de suportar determinados esforços, principalmente as peças não normalizadas.

Neste subcapítulo, serão apresentados os cálculos e testes efetuados aos elementos mecânicos, assim como análises das mais críticas através da realização de uma análise pelo Método de Elementos Finitos (MEF) recorrendo ao *software* Solidworks®. Este programa permite o desenho e modelação de componentes, montagem de componentes para obtenção de uma estrutura multi-componente, atribuição de propriedades aos materiais, definição do tipo de contacto a estabelecer, assim como as respetivas forças que atuam na peça, e até escolher o tipo de análise a efetuar [33].

Para a realização de um estudo MEF, é essencial seguir a sequência de ações que se segue:

- Criação da geometria;

- Construção dos modelos geométricos, da forma mais fidedigna possível, do elemento mecânico ou mecanismo a analisar.

- Tipo de estudo que se pretende realizar;
- Estático, análise modal, encurvadura, térmico, teste de queda, fadiga, não linear, dinâmico linear ou estudo de reservatórios.
 - Definição das propriedades, tabelas de curvas e aparência dos materiais;
- Propriedades, aparência, tabelas e curvas.
 - Definição das condições de fronteira;
- Geometria fixa, rolete/deslizamento, dobradiça fixa, suporte elástico e avançadas.
 - Definição de esforços aplicados;
- Força, momento, pressão, gravidade, força centrífuga, esmagamento, força/massa remota, massa distribuída, temperatura, efeitos de escoamento e efeitos térmicos.
 - Marcação de ligações existentes;
- Conjunto de contatos, contatos entre componentes, mola, rebite, soldadura por pontos e manca/rolamento.
 - Criação da malha e processamento da análise.
- Discretização de cada um dos componentes do modelo em elementos finitos ligados por nós, para cálculo das matrizes de rigidez individual e montagem do sistema global, necessário para a obtenção dos esforços na estrutura.
 - Visualização dos resultados;
- Os resultados são apresentados imediatamente a seguir à análise. Dispõe de informação sobre a configuração deformada da estrutura, tensão equivalente de Von Mises, componentes individuais do estado de tensão, deformação total plástica, coeficiente de segurança e valores máximos e mínimos de cada uma destas quantidades.

É de salientar também, que no *software* Solidworks®, a realização de estudos do tipo de fadiga carece de uma análise estática, onde são definidas as condições fronteira, cargas aplicadas e ligações. De seguida, a análise avançada, somente define parâmetros como amplitude de carga e número de ciclos [33].

2.5 Manutenção

A Manutenção é uma área chave nas operações industriais e pode contribuir decisivamente para a viabilização económica de muitas empresas. Nem sempre é olhada com a importância devida, muitas vezes nem pelos próprios profissionais da área, o que leva a uma necessária mudança, a encarar a manutenção não como um meio de manter equipamentos, para passar a encará-la como um investimento num sistema organizado de gestão, capaz de garantir o cumprimento das funções dos equipamentos, minimizando o custo do seu ciclo de vida. É uma mudança subtil, mas

que faz toda a diferença e, se for correctamente implementada, pode valer o esforço, no seu investimento. Os tipos de manutenção existentes podem ser divididos nas seguintes categorias (Figura 16).

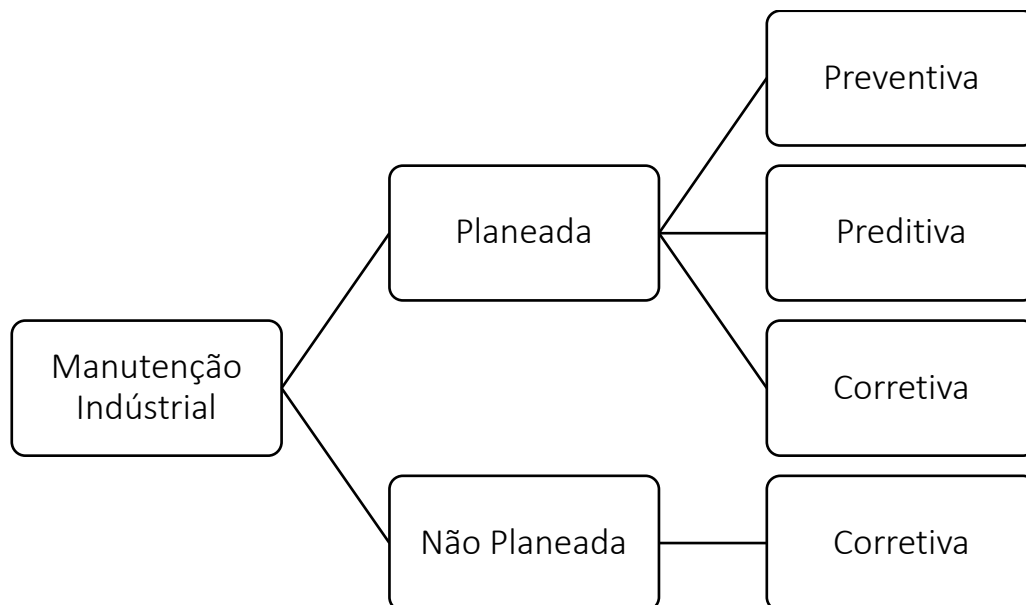


Figura 16 - Tipos de Manutenção Industrial.

Pela análise da Figura 16, percebe-se que a manutenção, primeiramente, se distingue por ser planeada ou não planeada. Dentro da Não Planeada, tem a Manutenção Corretiva, onde a intervenção é urgente, ou seja, a máquina necessita da intervenção para funcionar corretamente. No caso da Planeada, também existe uma Manutenção Corretiva. Contudo esta não necessita ser imediata, e é possível ter um equipamento em laboração, apesar de ter o seu desempenho afetado.

Diferentemente do modelo anterior, a manutenção preventiva é desenvolvida a partir de um planeamento, onde a ideia é evitar surpresas evitando as avarias. É efetuado um levantamento de dados sobre a máquina, e construído um plano de ações definindo datas para as intervenções.

Por fim, existe a Manutenção Preditiva, que consiste num modelo evolutivo das manutenções corretiva e preventiva. Esta não espera a falha acontecer como o primeiro tipo e nem sofre com o espaçamento de tempo como no segundo. Esse tipo de manutenção é baseado no acompanhamento contínuo dos equipamentos, muitas vezes efetuado pelos próprios operadores, levando a que também possa ser apelidada de Manutenção Autónoma. É feita a análise a pontos como níveis de óleo ou lubrificantes, análises termográficas ou verificações de folgas e sons anormais.

DESENVOLVIMENTO

3.1 Caracterização da Empresa e do Processo

3.2 Identificação e Caracterização de Problemas

3.3 Brainstorming

3.4 Projeto

3.5 Orçamentação

3.6 Plano de Manutenção

3 DESENVOLVIMENTO

3.1 Caracterização da Empresa

Corria o ano de 1871 quando, em Hanôver (Alemanha), é fundada a empresa de fabrico de borracha, que centrava a sua produção em produtos suaves de borracha, tecidos embebidos em borracha, e pneus maciços para carruagens e bicicletas. Os êxitos desta empresa foram aumentando e, em 1898, começaram a produzir pneus sem desenho de piso, ou seja, pneus automóveis lisos. Em 1904, a empresa é a primeira a desenvolver e produzir pneus com desenho de piso. Um ano depois surge a produção de pneus antiderrapantes e de pneus com pinos para a neve. Quatro anos mais tarde, a jante desmontável para automóveis ligeiros e, cerca de meio século depois, iniciava-se a produção de correias transportadoras com telas metálicas. Em 1955, é pioneira no desenvolvimento de molas para veículos pesados (camiões e autocarros) e nasce a "*Automotive Systems*" com a finalidade de aumentar a sua atividade comercial e desenvolvimento de sistemas automotivos para a indústria automóvel. Em 1960, finalmente começa a produção em série de pneus radiais ligeiros [34].

Hoje, que está entre os cinco maiores fornecedores mundiais da indústria automóvel, possui instalações em vários países em todos os continentes, como é possível visualizar na Figura 17.

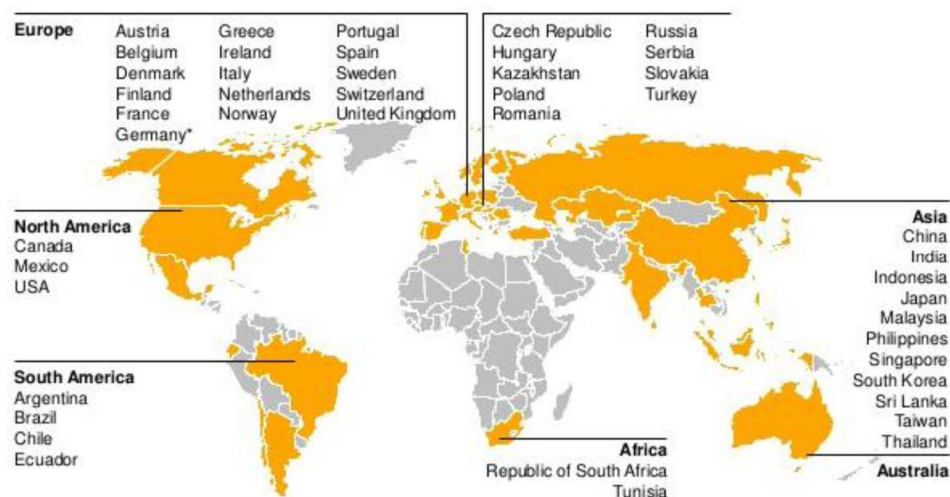


Figura 17 - Continental pelo mundo [35].

Atualmente, a empresa investe em várias áreas. Para além da produção de pneus, fornece sistema de travagem, sistemas e componentes para acionamentos e chassis, instrumentação, soluções de *Infotainment*, eletrónica de veículos, entre outros [35].

O grupo está dividido em duas partes, "Sistemas Automotivos" e "Componentes de Borracha". Desta divisão obtêm-se cinco áreas de intervenção, conforme mostrado na Figura 18.

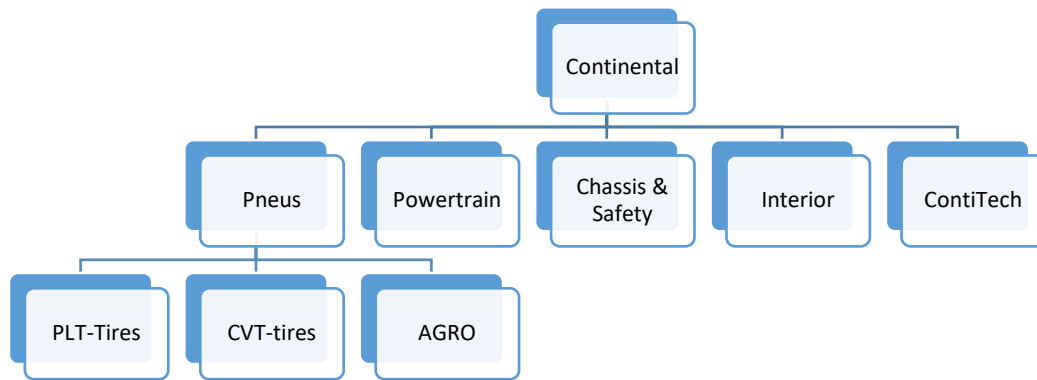


Figura 18 - Áreas de Atuação do Grupo Continental.

- **Pneus**

Fração da empresa que é mais conhecida, faz a produção dos vários tipos de pneus. PLT, CVT e AGRO são os pneus para carros ligeiros, pneus para comerciais pesados e pneus para tratores, respetivamente.

- **Powertrain**

Estuda e desenvolve sistemas inovadores e eficientes para os veículos das várias categorias existentes.

- **Chassis & Safety**

Esta área centra os seus esforços no desenvolvimento de tecnologias para a segurança ativa, passiva e dinâmica de um veículo.

- **Interior**

Combina todas as funções relacionadas com a exibição e gestão de informações do veículo.

- **ContiTech**

Desenvolvimento e produção de peças funcionais, componentes e sistemas para a indústria automóvel e para outras indústrias da mesma área de aplicação.

Em Portugal, a empresa está dividida entre o norte e o sul do país, estando três empresas mais a norte e as outras duas no sul. Na Figura 19 é possível ver no mapa as suas localizações.



Figura 19 - Localização das instalações em Portugal.

Tabela 8 - Descrição das várias instalações.

Continental Mabor	Fábrica de Pneus
Continental Pneus	Empresa Comercial
ITA	Fabrico de telas têxteis
Continental Lemmerz	Montagem de rodas
Continental Teves	Sistemas de travagem

Fundada em 1989, duas empresas de manufatura de borracha. A unidade portuguesa necessitava de melhorar e modernizar as instalações e os processos produtivos e, com esta junção, surge a oportunidade de revitalizar os seus produtos e consequentemente dar resposta às necessidades da altura.

Em julho de 1990 tem início a reestruturação da empresa, onde a pequena instalação da época (Figura 20), naquilo que atualmente são as mais modernas instalações fabris do grupo (Figura 21).



Figura 20 - Instalações da antiga Mabor [36].

Como já foi escrito anteriormente, esta unidade industrial está localizada em Lousado, que pertence ao concelho de Vila Nova de Famalicão. Atualmente, as suas instalações cobrem uma área de cerca de 204 140 m², onde quase 87 000 m² são cobertos, contando com cerca de 2150 trabalhadores nos quadros permanentes [37].



Figura 21 - Instalações Continental Mabor [38].

A empresa produz diariamente entre 55 000 a 58 000 pneus e fabrica um leque variado de medidas, desde de pneus para jantes de 14" até pneus para jantes de 22". É de salientar ainda que 98% da produção é para exportação e que o designado mercado de substituição absorve mais de metade da produção, ficando a restante produção destinada ao mercado de origem.

Esta fábrica de pneus é considerada a unidade fabril mais lucrativa de todas as fábricas do grupo, e fechou o ano de 2016 com lucros na ordem dos 226 milhões de euros, de um total de 831 milhões de euros faturados, 10 milhões a mais comparando com o volume de negócio do ano transato [38]. A evolução das vendas deve-se também à aposta estratégica do aumento da produção de pneus topo de gama (superior a 17''), pneus de *Ultra High Performance*(UHP) e *Ultra Ultra High Performance* (UUHP), pneus CONTISEAL e CONTISILENT. Tendo em conta tudo isto, a que acresce o facto da excelente qualidade da mão de obra portuguesa, a empresa é premiada com o prémio "Quality Awards" por quatro anos consecutivos, demonstrando assim o reconhecimento e o porquê de ser a líder entre todas as outras empresas constituintes. Atendendo a que a visão desta passa por ser **LIDER**, importa a compreensão dos conceitos inerentes a este propósito:

- Lousado eficiente, onde se mantém o intuito de continuarem a fazer mais e melhor;
- Inovação e antecipação das necessidades dos clientes, permitindo assim uma melhor oferta de soluções em cada mercado e adquirindo também o respetivo reconhecimento;
- Desenvolvimento de produtos de alta tecnologia;
- Excelência no conhecimento e nos processos;
- Rentabilidade sustentada.

A missão da empresa caminha lado a lado com a visão e assenta essencialmente em quatro pontos:

- Crescer, criando valor e rentabilidade sustentada, trabalhando **uns pelos outros**;
- Ter a **confiança** dos clientes nos serviços e produtos de tecnologia avançada;
- Serem reconhecidos pela eficiência, qualidade, flexibilidade, inovação e **paixão por vencer**;
- Promover a excelência de colaboradores qualificados, motivados e com **liberdade para agir**.

Sendo esta a melhor unidade de produção, ficou ao seu encargo a produção de pneus agrícolas, pneus maciços, estando estes mesmo já em produção e em testes. Contudo, esta parte ainda vai aumentar substancialmente, assim como a parte de construção de pneus ligeiros, onde também se prevê uma expansão da atual fábrica.

A empresa está dividida em várias áreas: Direção e Recursos Humanos, Direção de Contabilidade e Tesouraria, Direção de Engenharia, entre outras. Na Figura 22 está representado o organigrama da empresa, descrevendo a sua divisão.

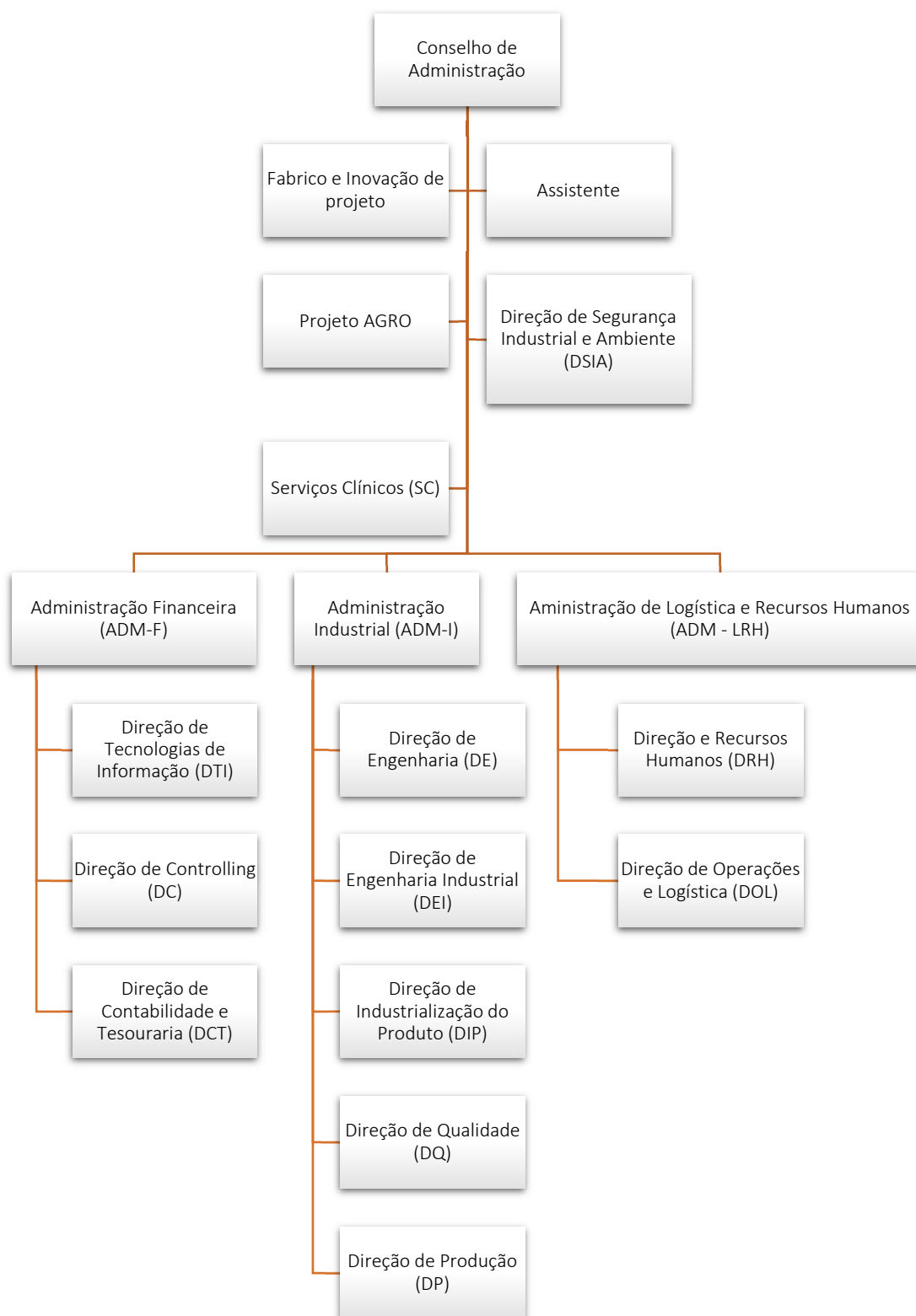


Figura 22 - Organograma representativo da CIMP.

O projeto levado a cabo na presente dissertação foi criado e desenvolvido no Departamento de Engenharia 3 (DE3), departamento este que está incumbido das máquinas de corte, Apex e CT (no que se refere ao Departamento da Preparação) e de todas as máquinas pertencentes ao Departamento de Construção. O DE3 é um dos cinco departamentos que constituem o DE e tem a seu encargo as seguintes tarefas:

- Elaborar, coordenar e desenvolver os procedimentos e planos de manutenção preventiva e corretiva na empresa;
- Implementar o programa de *Machine Tolerance Check*(MTC);
- Diminuir *Breakdowns*;
- Apoiar a implementação de ações desenvolvidas pelos grupos de auditorias internas, análise modal de falhas e efeitos, grupo de ação positiva, sistema de sugestões, entre outros;
- Apoiar a formação dos elementos da produção, nas operações dos novos equipamentos;
- Introduzir melhorias nos equipamentos, de forma a otimizar a sua capacidade (recorrendo a índices Cp e CpK - índices de capacidade e *performance* do processo);
- Executar todos os projetos de desenvolvimento e instalação de novas máquinas, assim como quaisquer alterações às instalações fabris;
- Participar na implementação do *Total Productive Maintenance*(TPM);
- Manter em bom estado de conservação todas as instalações fabris e assegurar a disponibilidade dos recursos energéticos necessários, otimizando a sua utilização.

3.1.1 Caracterização do Produto

Nas instalações, são fabricadas várias medidas de pneus, quer seja um tamanho de pneu para jante com 14'' ou para jante com tamanho 20''. A maioria dos materiais constituintes do pneu são os mesmos, variando a quantidade, a espessura, a largura, entre outros aspetos, e desta forma é possível generalizar e mostrar como se forma um pneu recorrendo à Figura 23 e Tabela 8.

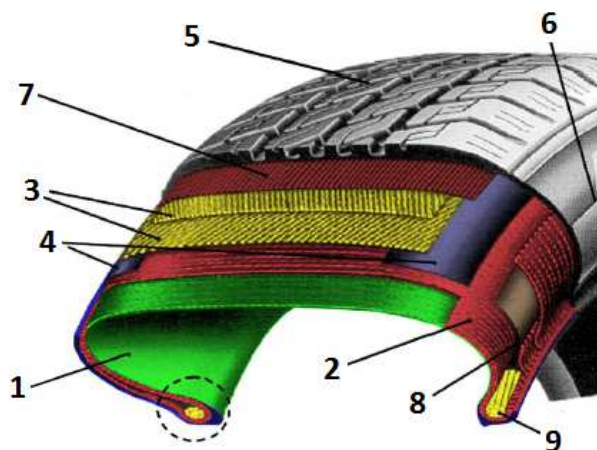


Figura 23 - Pneu em corte e suas camadas [39].

Tabela 9 - Descrição dos componentes assinalados na Figura 23.

1	Camada Estanque	A camada interna é responsável pelo armazenamento do ar no interior do pneu, garantindo assim a sua estanquicidade. Sendo esta camada de borracha extrudida e com baixa permeabilidade ao ar, substitui a câmara de ar dos pneus antigos.
2	Cinta Têxtil de Reforço	A cinta têxtil é composta por tiras de <i>nylon</i> ® ou de tecido metálico <i>impregnadas</i> com borracha, aplicadas em pneus topo de gama e de alta <i>performance</i> . A sua aplicação destina-se a garantir a total integridade do pneu a alta velocidade.
3	Tecido metálico	O tecido metálico, ou <i>Breaker</i> como também é conhecido, consiste na junção de fios metálicos (que formam um tecido metálico) com borracha calandrada. Este tem como função manter a forma e a estabilidade direcional, de forma a garantir a segurança necessária, mantendo a pressão interna e suportando os impactos e as cargas a que este está sujeito.
4	Tiras de Reforço	As tiras de reforço (também denominado de Cap-Ply ou Espiral), têm como finalidade fortalecer e apertar o pneu para suportar grandes velocidades.
5	Piso	O piso é o elemento do pneu que está em contacto com o solo. Este é subdividido em três partes, com três compostos de borracha diferentes. Primeiro está a capa, que proporciona a aderência ao solo, resistência ao desgaste e estabilidade direcional. Em seguida a base, que tem como objetivo reduzir a resistência ao rolamento e proteger o pneu. Por último, o extremo, que faz a ligação do piso com a parede (<i>wingtip</i>), formando os ombros do pneu. A ranhura do piso tem como finalidade escoar a água, mantendo assim o contacto entre o piso do pneu e o piso da estrada.
6	Parede Lateral	A parede lateral é composta por borracha natural e tem como função a proteção do pneu contra choques laterais, bem como a proteção contra a degradação atmosférica. O ombro é o resultado da união do piso com a parede, que é responsável pela resistência do pneu nas curvas.
7	Tela Têxtil	A tela têxtil destina-se a dar consistência ao pneu, funcionando como reforço estrutural. Esta tela é composta por borracha impregnada com tecido têxtil (<i>nylon</i> ®, <i>rayon</i> ® ou <i>polyester</i> ®).
8	Cunha	A cunha é constituída por um perfil de borracha, que tem como função assegurar a precisão e o conforto na condução, bem como a estabilidade direcional do automóvel.
9	Núcleo de Talão	O núcleo de talão é constituído por arame de aço revestido com borracha, e tem como função assegurar que o pneu assente com firmeza, permitindo um bom contacto entre o pneu e a jante, evitando perdas de ar neste ponto.

Como é possível depreender pela Tabela 9, o pneu não é constituído apenas por borracha. Os pneus radiais modernos são construídos com base na junção de vários tipos de materiais. Estes constituintes variam dependendo do tamanho e do tipo de pneu que se trata. A título de exemplo, na Figura 24 e Tabela 10 está retratado um pneu de medida 205/55 R 16 91W, onde é possível ver os ingredientes que contém, assim como a sua percentagem de incorporação.

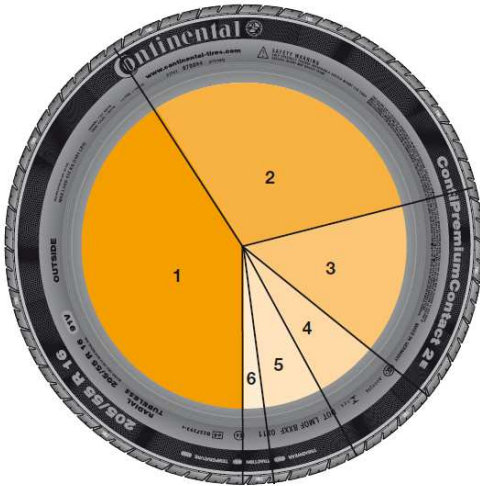


Figura 24 - Quantidades dos diversos constituintes [40].

Tabela 10 - Descrição dos constituintes ilustrados anteriormente.

Número	Ingrediente	Quantidade (%)
1	Borracha natural e sintética	41
2	<i>Fillers</i> (sílica, carbono, giz)	30
3	Materiais de reforço (aço, poliéster, rayon®, nylon®)	15
4	Plastificantes (óleos e resinas)	6
5	Produtos químicos para vulcanização (enxofre, óxido de zinco, vários outros produtosquímicos)	6
6	Agentes anti-envelhecimento	2

3.1.1.1 Fluxo de Materiais

A produção de um pneu passa por várias fases e por várias divisões dentro da empresa. Desde a fabricação dos seus constituintes até à verificação e posterior expedição do pneu, são necessárias cinco etapas, cada uma assegurada por um departamento. Assim sendo, num primeiro passo as matérias primas saem dos armazéns e chegam à primeira divisão, a Misturação.



Figura 25 - DP1, Misturação [40].

Neste departamento (Figura 25) dá-se início ao processo produtivo, onde os compostos como borracha, pigmentos, óleo mineral e outros, são devidamente pesados e misturados, conforme as especificações. Esta mistura tem duas fases, uma primeira fase em que se prepara o composto intermédio, e só depois, numa segunda misturação, é que se obtêm o composto final. Estas duas fases servem para se conseguir uma borracha homogénea e com a qualidade suficiente para seguir para a próxima fase.

A borracha criada no Departamento Um, é conduzida até à Preparação (Figura 26).



Figura 26 - DP2, Preparação [40].

Neste departamento, Departamento Dois, são criados os materiais anteriormente descritos como constituintes de um pneu. Os pisos e paredes ficam ao encargo da Preparação-Quente, enquanto o tecido metálico, o tecido têxtil, camada e talões ficam ao encargo da Preparação-Frio. Nesta divisão, estão situadas as máquinas de corte,

calandras e extrusoras, onde o material ganha a forma necessária e é convenientemente misturado.

Em terceiro lugar vem a Construção (Figura 27), onde já é possível ver o pneu ganhar forma.

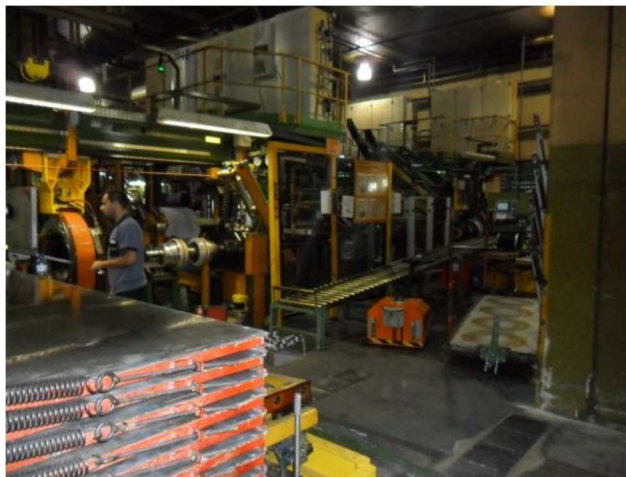


Figura 27 - DP3, Construção [40].

Os materiais anteriormente elaborados chegam aos módulos de construção, que são máquinas constituídas pela *Karkasse Maschine* (denominada também de KM) e pela *Production Unit* (conhecida por PU). Na KM são introduzidos, por esta mesma ordem, a camada estanque, o tecido têxtil, talões, cinta de reforço têxtil ou metálico, finalizando o processo com a introdução da parede lateral. No final desta etapa, obtém-se a carcaça que chega à PU por meio de passadeira. Aqui, esta é reforçada com o tecido metálico, tira de reforço e por fim com o piso. Neste momento, o pneu acaba a sua fase de construção, estando num estado conhecido por "pneu em verde" ou "pneu em cru".

Já com metade do processo produtivo, os pneus em cru são enviados para a Vulcanização (Departamento Quatro).



Figura 28 - DP4, Vulcanização [40].

Nesta divisão os pneus são colocados nos moldes que vulcanizam o pneu (Figura 28), levando-o a obter o formato pelo qual é conhecido, com as ranhuras no piso e a informação marcada na parede lateral. É de salientar que os pneus em verde, antes de

serem colocados nos respectivos moldes, são transportados até à Pintura, onde são sujeitos a um "banho" de silicone, para proporcionar uma maior lubrificação entre o pneu e o diafragma do molde, de forma a facilitar a sua entrada e remoção, assim como promover uma melhor utilização do diafragma.

A Inspeção Final (Departamento Cinco), é a última divisão pela qual passa o produto em questão (Figura 29), onde é sujeito a uma inspeção de forma a aferir a sua qualidade. Depois de aprovado, o pneu segue para armazém, onde é guardado para posterior expedição do produto acabado.

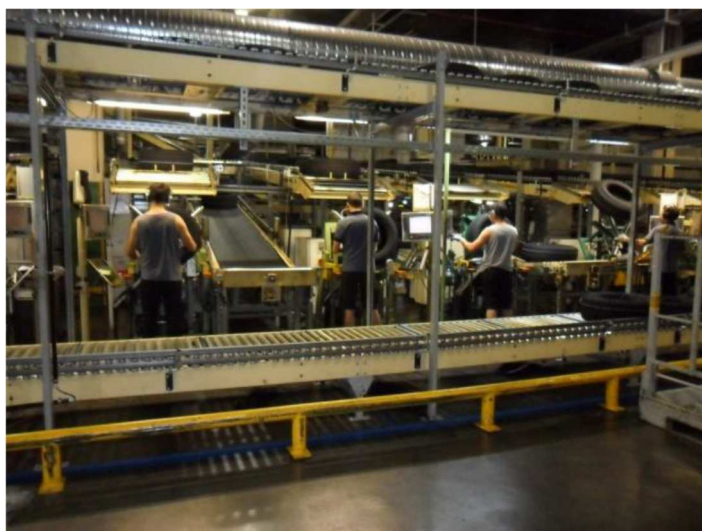


Figura 29 - DP 5, Inspeção Final [40].

Nesta altura, o pneu está pronto a ser entregue ao cliente, levando consigo uma etiqueta, presente em todos os pneus novos, que confirma que o produto segue as normas impostas e onde é possível visualizar rapidamente a sua classificação quanto ao consumo energético, quanto ao seu comportamento em piso molhado e ruído ao rolamento. Na Figura 30 é possível ver um exemplo dessa etiqueta.

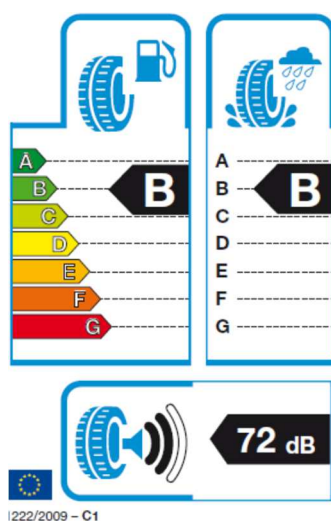


Figura 30 - Exemplo de etiqueta aplicada [40].

Depois segue-se o armazenamento dos pneus já etiquetados, aguardando o transporte por camião para fora da fábrica (Figura 31).



Figura 31 - Armazenamento.

No diagrama da Figura 32 está representado, muito sucintamente, as várias fases deste processo.

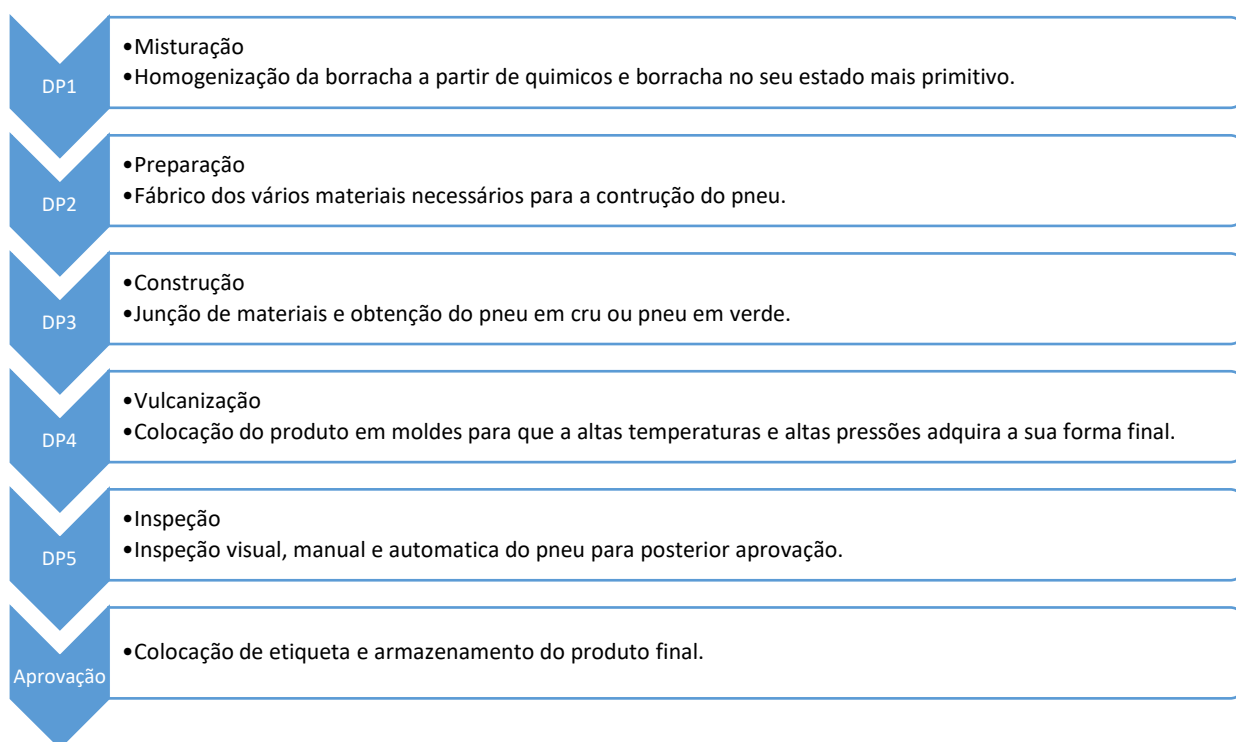


Figura 32 - Etapas do processo de desenvolvimento de pneus.

3.1.2 Caracterização da Máquina

A recuperadora de *breaker* está instalada no Departamento 2, sendo parte integrante das máquinas de corte de tecido metálico, conhecidas por "*Fisher*". Existem mais cinco máquinas de corte metálico, as Fisher F01, F02, F03, F04 e F05. Nestas máquinas, são cortados os tecidos metálicos em ângulo e o reforço metálico, já acima descritos. Contudo, a cinta de reforço metálico só é produzida na *Fisher* F05 ou na Recuperadora (FRQ). A máquina em estudo é uma das mais antigas das máquinas de corte e tem como função recuperar material que tenha sobrado do DP3 e produzir reforço metálico através de cortes de *breaker* com os fios metálicos a 30°.

É importante salientar também que a FRQ tem um sistema de corte diferente das outras. Enquanto as *Fisher's* cortam o tecido metálico em duas etapas, a recuperadora corta só numa fase, como está descrito na Figura 33.

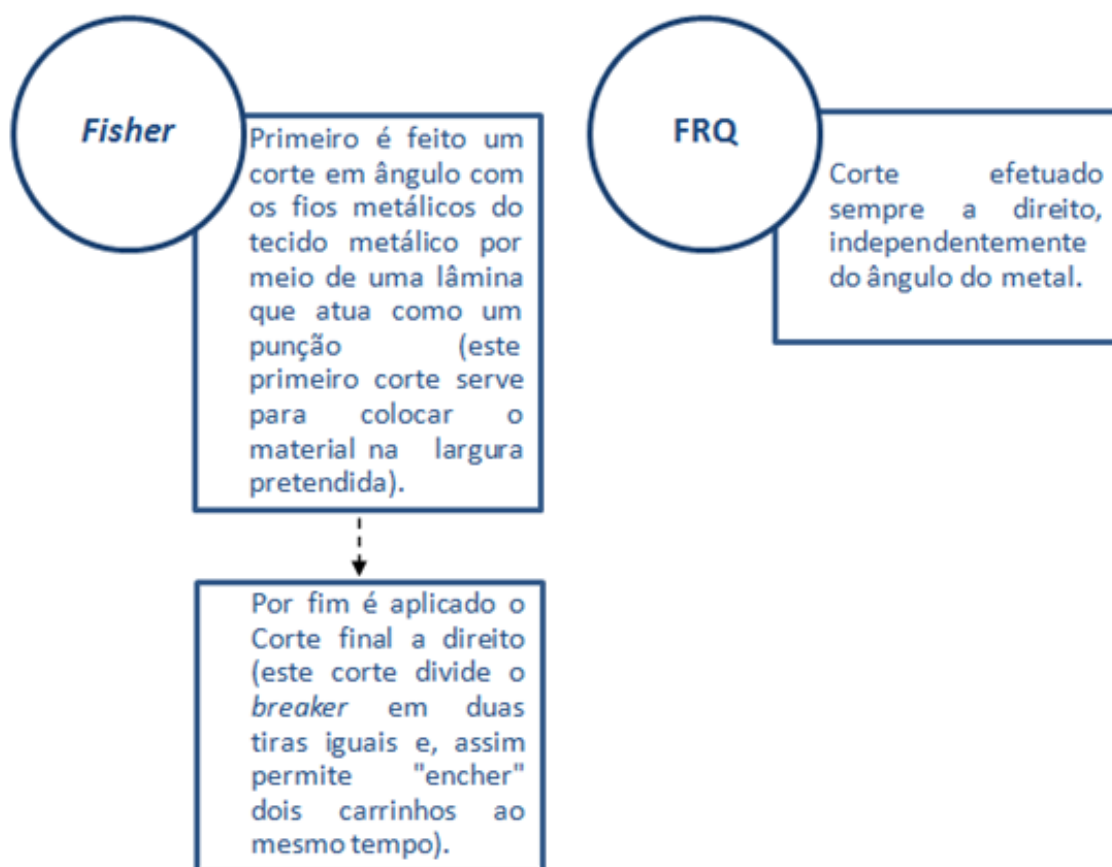


Figura 33 - Etapas a percorrer, para obter *breaker* ou reforço, nas máquinas para o efeito.

A F05 tem um sistema de corte fixo, ou seja, as lâminas estão fixas e o que muda é a largura do material que corta. Porém, quando necessário, é trocado o sistema de corte, deixando a máquina capaz de produzir reforço. Este *setup* obriga a uma paragem de cerca de 45 minutos, e caracteriza-se pela troca por um segundo sistema de corte existente. O primeiro é constituído por um único par de lâminas fixas e é trocado por outro sistema com um total de 6 lâminas, como é exemplificado na Figura 34.

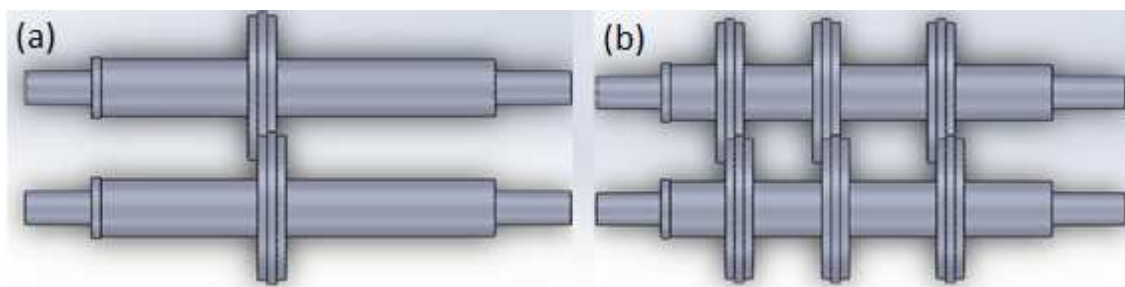


Figura 34 - Sistema de corte de *breaker* (a) vs Sistema de corte de reforço (b).

Da Figura 34 conclui-se que, para o corte de reforço, é introduzido um novo conjunto de veios com dois pares extra de lâminas. O par de lâminas do meio está fixo ao veio, não podendo ser deslocada de nenhuma forma. Já os pares laterais são móveis, consoante a largura de tira pretendida, e são fixados por meio de aperto mecânico ao veio.

3.1.3 Processo Produtivo

O sistema de corte da recuperadora de *breaker*, como já foi enunciado anteriormente, é diferente de todas as outras máquinas da sua categoria. Esta é capaz de cortar o tecido metálico a direito, pois a FRQ faz um corte por esmagamento do material, semelhante a uma tesoura a cortar papel. O modo de funcionamento é o seguinte: uma lâmina roda numa direção contrária à outra lâmina colocada a uma distância de apenas 25% da espessura do material sujeito a corte. O material é introduzido e, ao passar entre lâminas, dá-se o esmagamento e posterior corte de material. Na Figura 35 é possível ver uma maquete que exemplifica o sistema de corte atual.

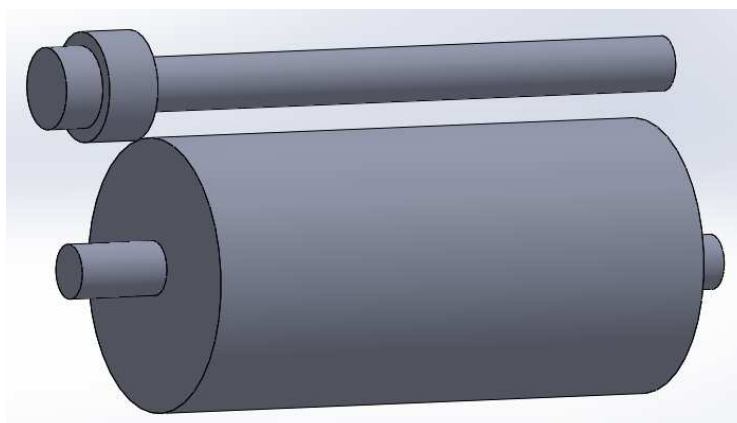


Figura 35 - Sistema de corte fixo atual.

No sistema de corte fixo, é impossível alterar distâncias ou espaçamento entre lâminas. A rotação é aplicada ao veio superior que, por intermédio de uma ligação por correia, transmite o movimento ao veio inferior (as polias estão montadas de forma à relação de transmissão criada impor uma velocidade de rotação igual em ambos). Como é possível ver, o rolo de baixo é maior do que o superior, servindo de igual forma como apoio para a parte não cortada. O que controla a largura da tira, ou do *breaker* a recuperar, são as guias colocadas na passadeira que guiam o material para o corte.

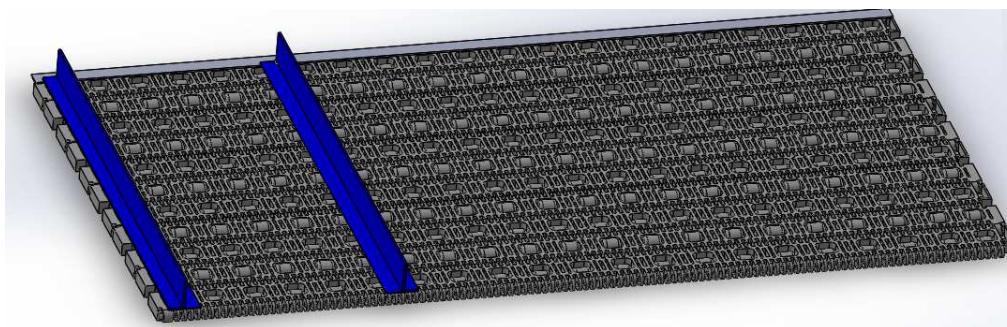


Figura 36 - Passadeira de acesso e respectivas guias de corte.

Como é possível ver na Figura 36, a passadeira de roletes possui umas guias (sinalizadas a azul) que "empurram" o material para fora da passadeira ou para dentro, consoante a largura de corte pretendida. Este é o sistema atual que controla a largura do material a cortar.

Estes elementos apresentados estão incorporados numa estrutura metálica que também servirá de base para o projeto, a qual é apresentada na Figura 37.



Figura 37 - Estrutura que serve de base ao sistema de corte.

O armazenamento do material tem bobines próprias para o efeito, como é possível ver na Figura 38, onde está representada uma maquete da mesma.

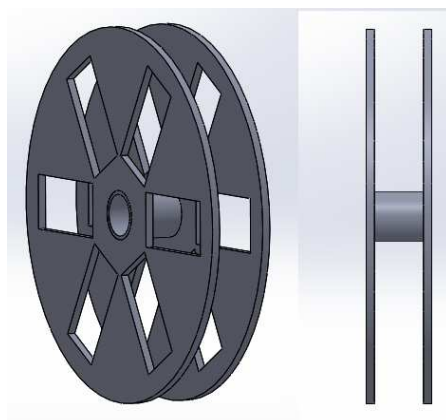


Figura 38 - Bobine de enrolamento de material.

O processo de enchimento destas bobines pode ser efetuado de duas formas:

1. O material é enrolado na estação de enrolamento do material, recorrendo a uma cassette específica para o efeito;
2. Numa alternativa mais rudimentar, é enrolado por um operador manualmente, enquanto faz avançar o reforço e, simultaneamente, segura a bobina e a roda, enrolando o material.

É importante salientar que, na segunda alternativa, o que conta como desperdício aquando da ação de recuperar *breaker*, agora conta como tira de reforço. Mas, esta forma só é usada em caso de ser necessário só uma bobina de material (ou até menos).

Para finalizar, o desperdício produzido é separado para a lateral da máquina e é depositado no chão, até acabar o processo de corte e o material ser compactado e pesado.

3.2 Identificação e Caracterização de Problemas

A Recuperadora de *Breaker* apresenta um conjunto de problemas recorrentes e que se têm vindo a agravar com o passar do tempo. Apesar de a máquina estar capacitada para recuperar material e cortar reforço, esta última função não se verifica, devido à baixa qualidade do material e à elevada quantidade de *scrap* produzido.

As tiras de reforço apresentam os seguintes defeitos:

- Variação de largura;
- Esticamento do material;
- Material enrolado com tensão a mais;
- Material enrolado em forma de espiral.

Devido a estes problemas serem recorrentes, e ao facto de as condições de utilização da máquina não serem as mais adequadas, o reforço passou a ser produzido na F05, e a FRQ ficou só destinada a recuperar *Breaker*. Esta foi a solução encontrada e que vigora atualmente, contudo trouxe alguns aspetos negativos. Resumidamente, acontece o seguinte:

- Como a recuperação de *Breaker* não é uma atividade contínua, a máquina está muitas vezes parada;
- É necessário mudar o sistema de corte da F05, e este tempo de *setup* demora no mínimo 45 minutos. Depois de retirado o reforço, é alterado novamente o sistema de corte, ou seja, mais tempo de *setup* contabilizado no processo;
- É parada a produção de *breaker* numa máquina, o que altera a folha de produção das outras *Fisher®'s*, de forma a compensar a máquina "parada";

- Para evitar demasiados tempos de *setup* na F05, é produzido reforço a mais de cada vez que este é pedido, sendo as sobras armazenadas. Devido a este facto parte do material pode passar da data de validade;
- Esta solução pode funcionar em época de baixa produção (normalmente de outubro até meados de janeiro), mas em época de alta produção é impossível parar uma Fisher® para produzir reforço.

A juntar à lista de problemas descrita, soma-se o facto de cada vez mais existirem medidas de pneus com cinta de reforço metálico, e estarem em estudo mais medidas com a utilização da mesma.

O trabalho de Nunes (2013), cita uma indústria automóvel exigente, geralmente, exige altas taxas de produção com um alto nível de precisão, a fim de garantir produtos finais com alta qualidade e custos reduzidos. Como a variedade de produtos aumenta, as empresas também podem sentir uma redução no desempenho de muitas das suas atividades, com potencial impacto negativo nos custos dos componentes, prazo de entrega e inventário dos mesmos [42].

3.3 Brainstorming

Na elaboração deste projeto, foram impostos alguns requisitos a seguir, tais como:

- Manter o *Layout* original da máquina;
- Assegurar a recuperação de *Breaker*;
- Maximização da utilização de peças armazenadas em *stock*;
- Manter o sistema de enrolamento de material na estação de cassetes;
- Não introduzir mais nenhum elemento mecânico na mesa de trabalho número 2.

É de ressaltar também que não foi dado um orçamento para o trabalho. Todavia, foi pedido um orçamento comedido, pois este projeto não é uma prioridade por parte da Engenharia 2. Para colmatar as lacunas enunciadas e descritas, o projeto baseia-se na alteração do sistema de corte.

Após uma análise detalhada da máquina e de um trabalho de investigação em volta do sistema de corte metálico, foram criadas três opções para possível futura implementação.

As opções encontradas partilham a mesma linha de pensamento:

- Deixar de ser as guias instaladas na passadeira de acesso ao sistema a controlar a largura de corte;
- Lâminas móveis, ficando estas encarregues da definição da largura de corte;
- Possibilitar um corte de material de forma ininterrupta (sem necessidade de intervenção do operador durante todo o processo);

- Possibilidade de desmontar o sistema de corte;
- Assegurar a função de recuperação de *breaker*;
- Transmissão de binário do motor para um dos veios que, através de uma ligação por rodas dentadas, transmite rotação ao outro veio;
- Mancal de apoio, no lado contrário ao do motor, para posterior desmantelamento da máquina (seja para manutenção, troca de peças ou outro tipo de *setup*).

Como os estudos têm os aspetos anteriormente referidos em comum, a sua diferenciação passa pelos elementos mecânicos que os constituem. De seguida, é analisado mais aprofundadamente cada hipótese.

3.3.1 Proposta 1

Neste estudo foi equacionado um veio com escatel, onde iriam ser introduzidas as lâminas e fixadas ao veio por intermédio de uma chaveta (Figura 39 e 40).

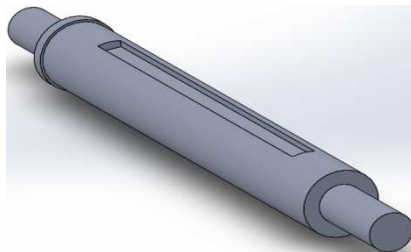


Figura 40 - Veio com chaveta.

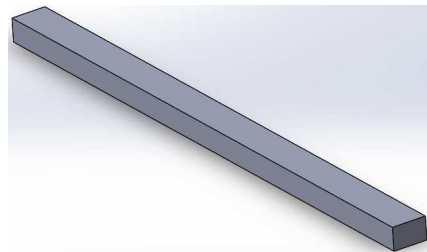


Figura 39 - Chaveta.

O espaçamento entre lâminas seria feito por anéis espaçadores (anéis de vários tamanhos, identificáveis por cores), de acordo com a largura de tira de reforço pretendida (Figura 41).

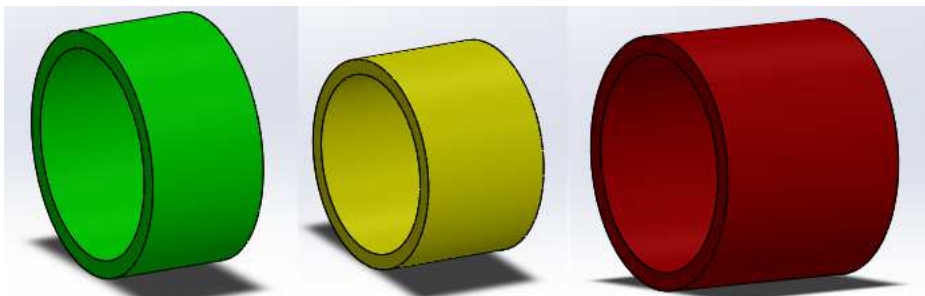


Figura 41 - Anilhas de 35 mm, 45 mm e 55 mm respetivamente.

Os anéis, realizadas em aço temperado, usadas para garantir as larguras pretendidas, seriam também revestidas a *Teflon*[®], para que o atrito com o instrumento de corte fosse o mínimo possível.

As lâminas (Figura 42) utilizadas também teriam de ter um escatel, para ficarem solidárias com o veio e, ao ser imposto rotação ao veio, rodarem em conjunto, como demonstrado na Figura 42.

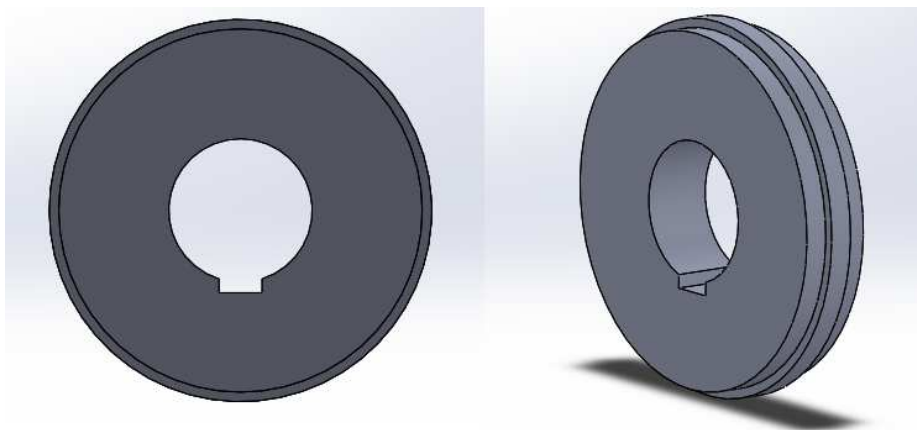


Figura 42 - Lâmina de corte.

O binário seria transmitido a um veio que, por intermédio de um conjunto de engrenagens, transmite movimento ao seu par (movendo-se em sentido contrário), rodando as lâminas e provocando o corte (Figura 43). No lado contrário estaria uma chumaceira para fechar e dar suporte ao sistema de corte, como elucida a Figura 44.

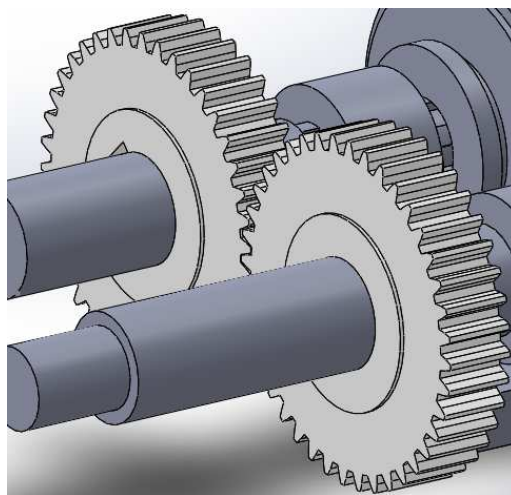


Figura 43 - Engrenagens de dentes retos.

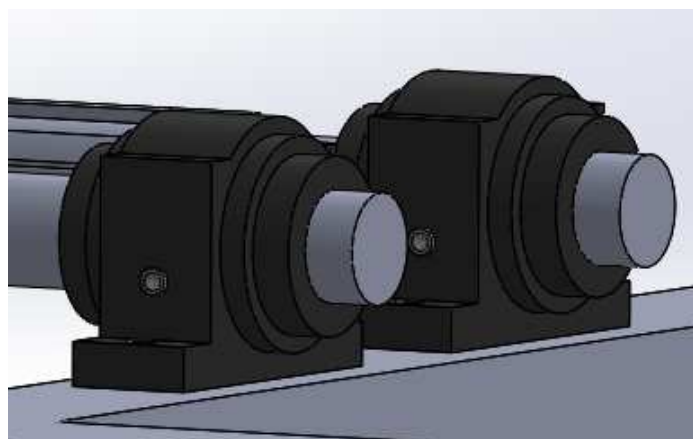


Figura 44 - Chumaceira de apoio aos veios.

Em funcionamento, existiriam quatro lâminas de corte que atuariam aos pares, de forma a ser possível obter três tiras; duas seriam para seguir para a estação

enroladora, a terceira seria a sobra resultante, caso o corte de *Breaker* tivesse largura a mais do que o necessário, como está esquematizado na Figura 45.

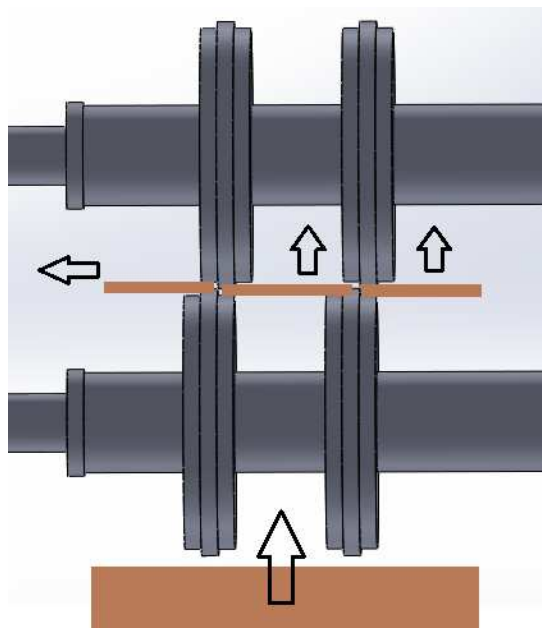


Figura 45 - Exemplo de corte de breaker resultante do corte.

Existe a possibilidade de inserir mais um par de lâminas para obtenção de mais tiras, apesar de a estação de enrolamento só conseguir enrolar duas bobinas de cada vez. Outra hipótese passa por incluir mais uma lâmina com a função de servir de apoio ao material, caso este fosse bastante largo.

Para o corte ser efetuado da forma mais limpa possível, os veios possuem um casquilho colocado logo no início do veio, o qual obrigará os restantes elementos mecânicos a estarem deslocados de forma rigorosa em relação ao seu par no outro veio.

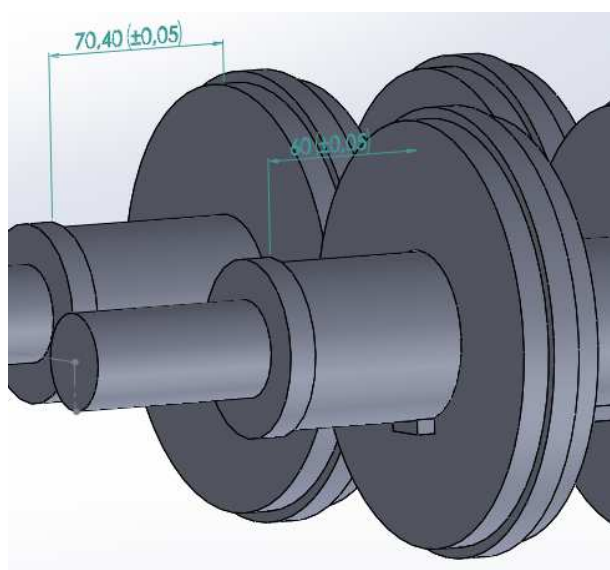


Figura 46 - Avanço diferentes das lâminas (dimensões em mm).

Um casquilho tem o comprimento de 70,4 mm, enquanto no outro veio está um casquilho de 60 mm (Figura 46). Desta forma, consegue-se colocar um disco de corte

mais deslocado do outro e assim garantir o espaçamento necessário para se efetuar o corte limpo. Esse desfasamento é igual à largura da lâmina (10 mm), acrescida de 25% da espessura do *breaker* a cortar. Daqui nasce a necessidade de as anilhas serem retificadas, para serem garantidas as dimensões necessárias.

Quando é preciso mudar a largura a cortar, o mancal de apoio seria desmontado, retirava-se por esse lado um conjunto de lâminas e trocava-se a anilha por outra da espessura pretendida. Após voltar a montar o sistema, este estaria apto a cortar outra tira de *Breaker*.

A recuperação de *Breaker* é assegurada trabalhando com um conjunto de lâminas no sistema para efetuar o corte, e outra lâmina somente para dar apoio ao material, como está ilustrado na figura 47.

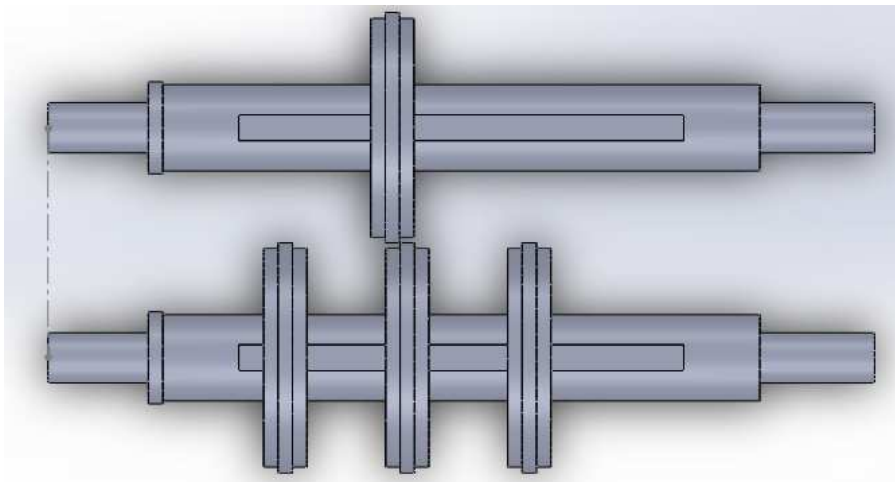


Figura 47 - Exemplo de colocação de lâminas para recuperação.

Desta forma, a função principal é sempre assegurada, e o outro conjunto não necessita de ser retirado, bastando ser colocado junto do apoio.

3.3.2 Proposta 2

Neste caso, foi desenvolvido um veio estriado onde o diâmetro interior das lâminas também é estriado (Figura 48 e Figura 49).

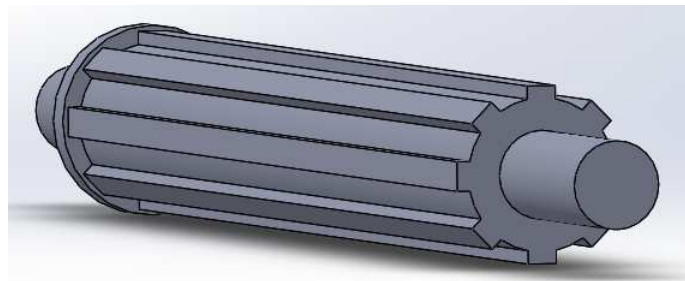


Figura 48 - Veio estriado.

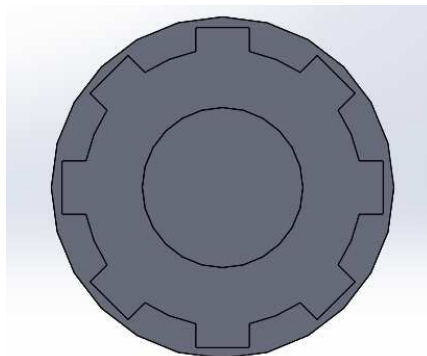


Figura 49 - Vista de frente do veio.

Como é possível visualizar nas Figuras 48 e 50, o estriado octogonal do veio coincide com o estriado interior da lâmina, originando a transmissão da rotação (Figura 51).

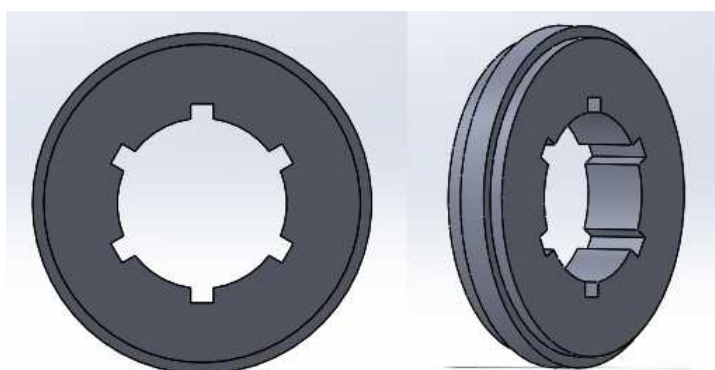


Figura 50 - Disco de corte com estriado.

O espaçamento é mais uma vez proporcionado por casquilhos colocados entre as lâminas de acordo com a largura pretendida, tal como a proposta anterior. Estes casquilhos servem simplesmente para determinar a largura da tira pretendida. Por isso, não necessitam de ser estriados como o resto dos elementos. O funcionamento é em todo igual ao processo anterior, variando somente a geometria do veio, e o interior das lâminas (Figura 51). Tanto o corte de reforço como a recuperação de material são asseguradas.

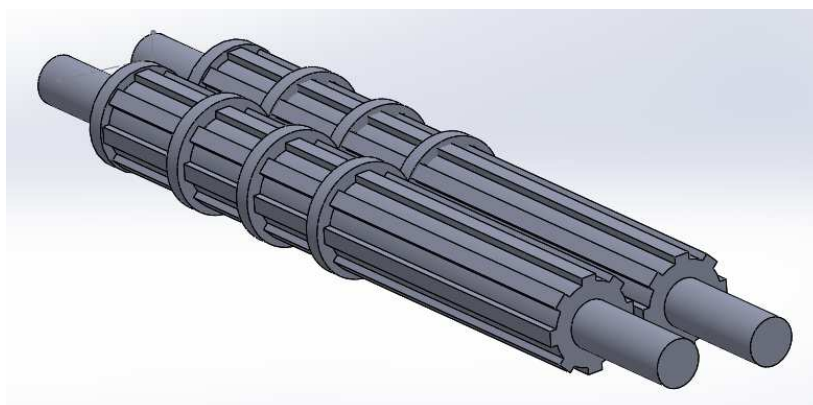


Figura 51 - Exemplo de montagem com discos estriados.

3.3.3 Proposta 3

A proposta que se segue apresenta igualmente um veio estriado, onde as lâminas são incorporadas em mangas que deslizam pelos veios. A sua posição é controlada por conexões próprias que estão ligados for fusos (Figura 52).

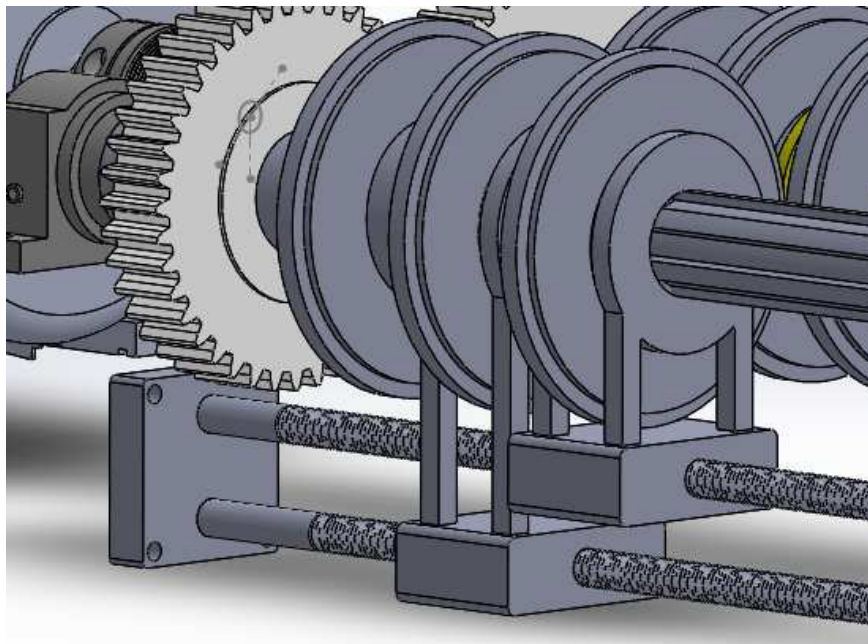


Figura 52 - Montagem projeto 3.

Estes veios servem para o controlo da peça que se encontra a regular a posição das lâminas em função da largura de tira pretendida. Os veios estão ligados e, ao rodar, originam o deslocamento das conexões apresentadas na Figura 53.

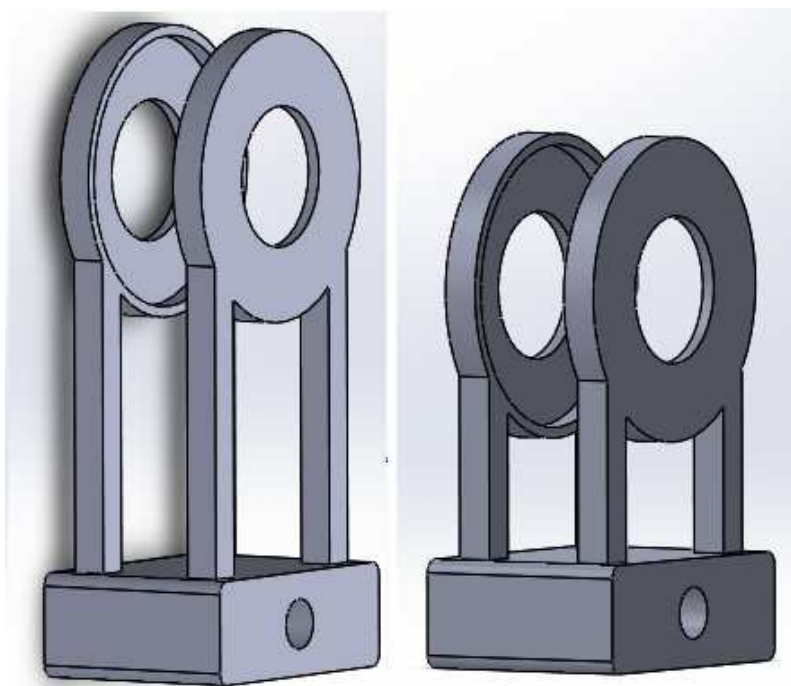


Figura 53 - Carro guia de lâmina.

Estas guias possuem na sua base um orifício roscado (com um casquilho de *teflon*). Como existe mais de um par de lâminas a ser utilizadas, é necessário controlar cada uma de forma independente. Estas conexões são constituídas por três peças, uma base e duas peças laterais, que são introduzidas na base, e através de quatro parafusos (M6x30) são fixadas, como mostra a Figura 54.

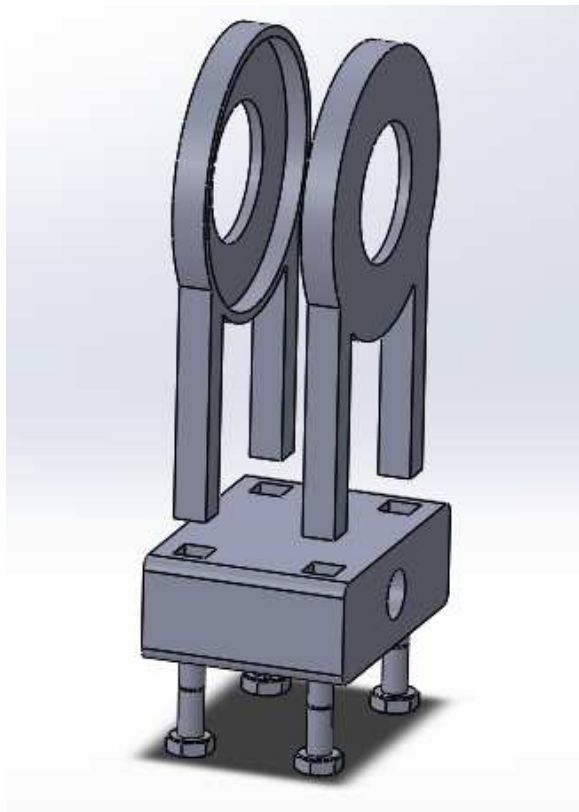


Figura 54 - Vista explodida da guia.

Desta forma, é possível colocar e tirar os discos de corte sempre que necessário. Para além disso, as guias estão colocadas em linha, sendo preciso que os fusos ativessem a primeira guia para conseguirem controlar a segunda mais afastada. Daí, adveio a necessidade de as guias serem de tamanho diferentes, para o fuso passar a primeira combinação e controlar a seguinte (Figura 55).

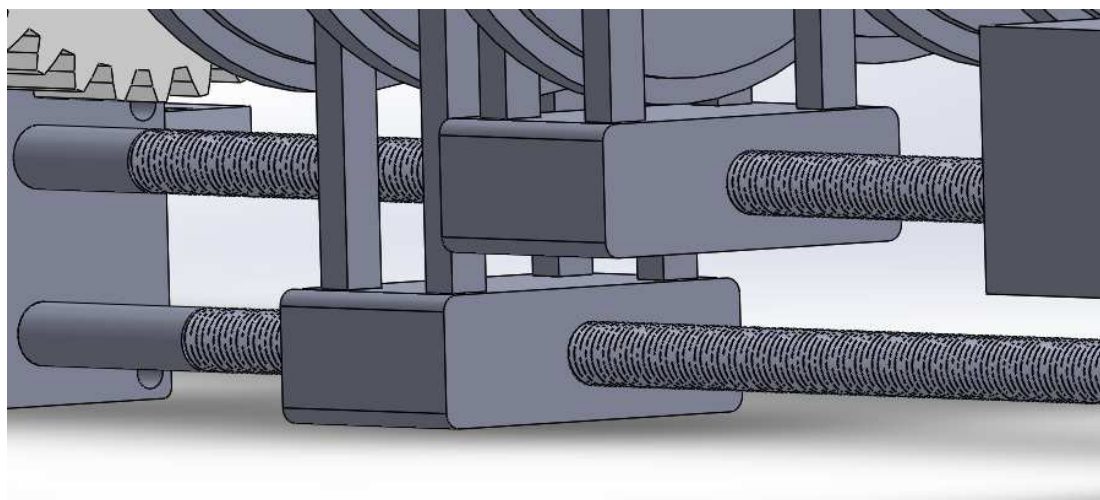


Figura 55 - Exemplificação da utilização dos veios roscados nos furos das guias.

No lado oposto destes veios, estão colocados motores com *encoders* (Figura 56) para acionarem os mesmos. O encoder está aqui incorporado para medir distâncias e ordenar a rotação necessária para os veios roscados, de forma a movimentar as lâminas longitudinalmente para a distância pretendida.

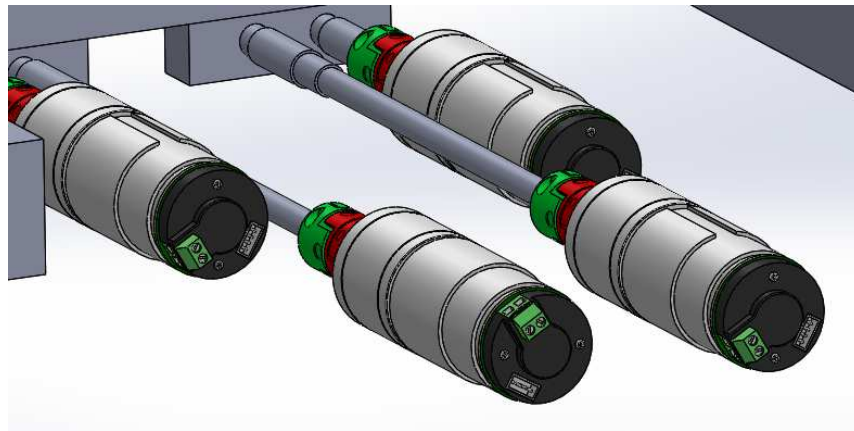


Figura 56 - Motores com encoders que controlam os veios de 12 mm.

3.4 Projeto

Depois de analisadas as várias hipóteses que surgiram durante a investigação e desenvolvimento de ideias, foram identificados prós e contras que levaram à escolha do projeto final.

No primeiro e segundo casos apresentados previamente, existe uma desvantagem em comum; é necessário desmontar o sistema para se alterar a largura de corte. É necessário desmontar as chumaceiras, retirar a barra de apoio à estrutura e, por último, retirar os discos de corte para se trocar as anilhas que servem de espaçadores. Este *setup* acrescenta tempo ao processo e, segundo a metodologia SMED, é tempo perdido que tem de ser reduzido ou mesmo eliminado.

No último caso exposto, consegue-se colmatar esta falha, pois não é necessário desmontar nenhum componente, o que torna esta proposta mais vantajosa.

Voltando à proposta 1, a ligação da chaveta com o escatel do veio e da lâmina, tem de ser realizada com aperto. Este facto leva a que a manutenção tenha de ser mais rigorosa e frequente, para se evitarem folgas. Para além disso, a chaveta tem dimensões consideráveis, sendo muito esbelta. Mas, mesmo assim, não cobre a totalidade do veio, limitando a deslocação dos discos de corte. Por fim, tem de haver mais do que um par de lâminas no sistema (mesmo na função de recuperação de *breaker*), para garantir que a chaveta está fixa e que não salte da sua posição (Figura 57).

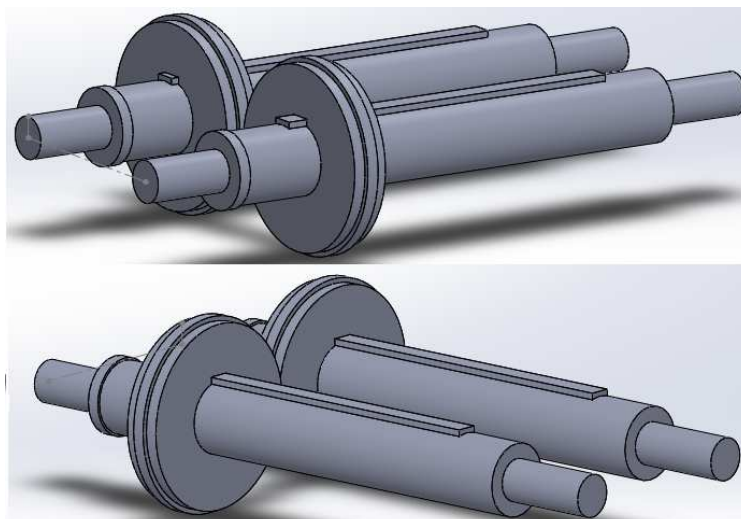


Figura 57 - Exemplo de insegurança.

Examinando a hipótese 2, a maioria das peças terão que ser fabricadas, não existindo peças normalizadas para o efeito. Para além disso, tal como a Proposta 1, seria necessário desmontar o sistema de corte a cada troca de largura do *breaker* a cortar.

Após análise, a proposta 3 é a melhor escolha. De facto, esta evita grandes paragens para *setup's*, parte do sistema é constituído por peças normalizadas, e é o sistema mais autónomo dos três propostos.

Na Tabela 11 e 12, apresenta-se uma análise SWOT das três propostas, para se perceberem as razões da escolha efetuada.

Tabela 11 - Análise SWOT da proposta 1 e 2.

Proposta 1 e Proposta 2			
Pontos Fortes	Pontos Fracos	Oportunidades	Ameaças
-Sistema mecânico simples.	-Chaveta dos veios muito longa; -Necessita de desmontar parte do sistema, a cada alteração de medida; -Tempo de <i>setup</i> entre medidas; -Equipamento controlado manualmente.	-Rigor de corte; -Maior cadência de produção face ao equipamento atual.	

Tabela 12 - Análise SWOT da proposta 3.

Proposta 3			
Pontos Fortes	Pontos Fracos	Oportunidades	Ameaças
<ul style="list-style-type: none"> -Equipamento igualmente simples e mais completo que os anteriores; -Sem perda de tempo em <i>setup's</i>, não é desmontado a cada troca de medida. 	<ul style="list-style-type: none"> -Precisa de mais elementos de ligação à estrutura principal para acomodar todas as peças; -É necessário um sistema de lubrificação para os veios. 	<ul style="list-style-type: none"> -Maior cadência de produção; -Utilização de <i>encoder</i> de posição para mudar deslocar as guias a cada <i>setup</i>; -Fácil manutenção. 	<ul style="list-style-type: none"> -Necessita de mais elementos mecânicos; -Aplicação de <i>encoder</i> de posição encarece o projeto.

3.4.1 Descrição

A proposta 3 foi a selecionada, seguidamente é descrito com o adequado detalhe. Na Figura 58 é mostrada uma vista geral do equipamento.

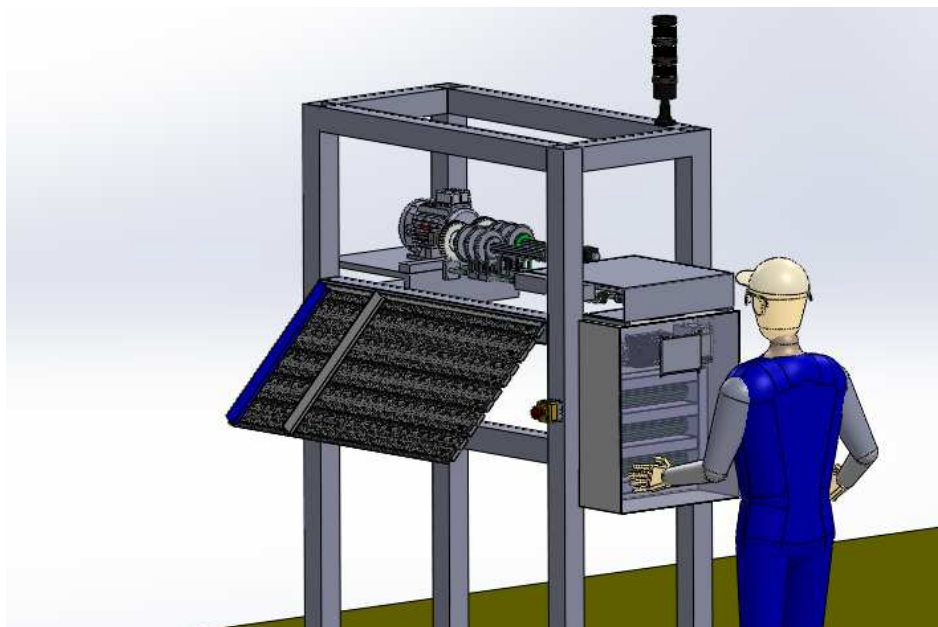


Figura 58 - Novo sistema de corte.

Existe um motor (fixado a uma chapa lateral da estrutura) que transmite o binário a um veio, ao qual está ligado por um acoplamento elástico. Por intermédio de uma

ligação de duas engrenagens de dentado reto, a rotação é transmitida ao outro veio, que rodará em sentido contrário (Figura 59).

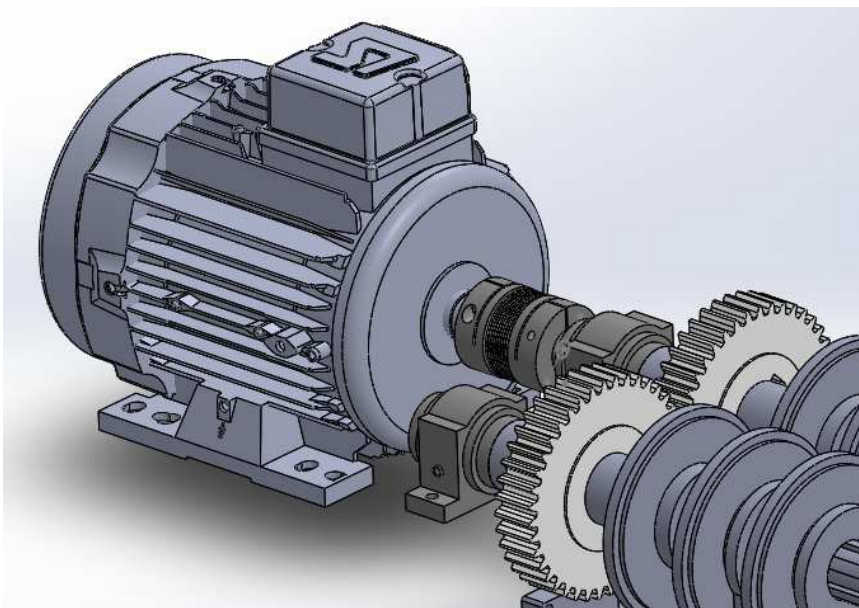


Figura 59 - Forma de acionamento do sistema.

Inicialmente foi equacionada a hipótese de engrenagens de dentado helicoidal, contudo, isso implicaria uma força axial extra no veio que iria danificar o motor, se não fosse controlada. Mas, visto que o pretendido aqui é um sistema mecânico simples de funcionamento a baixa velocidade, optou-se por dentado reto. A única vantagem aqui associada ao dentado helicoidal é o facto de produzir menos ruído em funcionamento, contudo, esse fator é secundário neste projeto, pois o ruído produzido será baixo em relação aos equipamentos instalados na mesma área.

As rodas dentadas estão fixas por chavetas ao veio principal e o segundo veio está apoiado numa chumaceira colocada ao lado do motor, como é possível verificar na Figura 59.

Os elementos mecânicos referenciados encontram-se fixados a uma chapa em forma de "U" (Figura 61), com um especial calço concebido para as chumaceiras. Este calço dá a altura suficiente para colocar o segundo veio estriado nivelado pelo veio do motor (Figura 60).

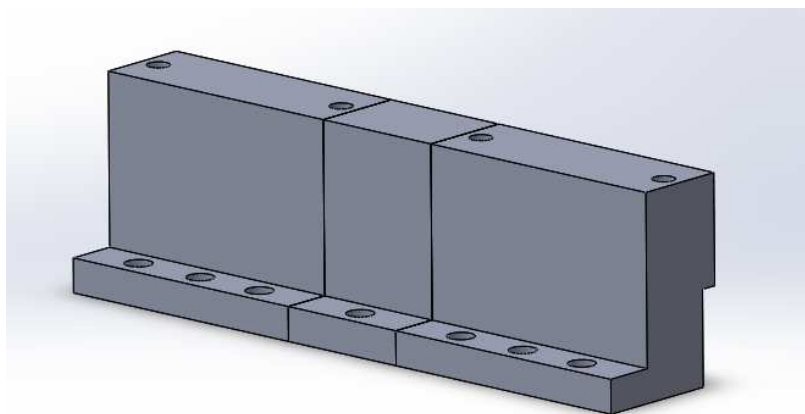


Figura 60 - Apoio de chumaceiras.

No lado oposto, os veios estão suportados por outro par de chumaceiras que estão aparafusadas, novamente, numa estrutura secundária em forma de "U" (Figura 61).

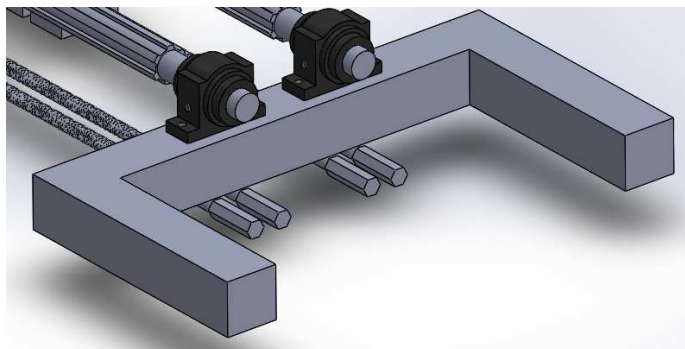


Figura 61 - Suporte lateral.

Os suportes laterais incorporados na estrutura principal são os de seguida representados na Figura 62.

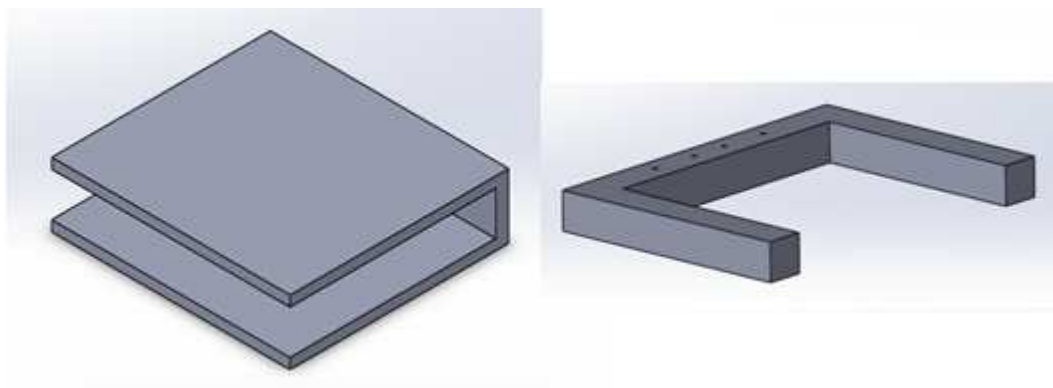


Figura 62 - Apoios laterais.

Estes suportes, de aço inox AISI 304 (obtidos através do método de quinagem de chapa), são fixados à estrutura principal por cantoneiras que se encontram soldadas à peça e que, por meio de aparafusamento, são conectados à estrutura, como é possível visualizar nas Figuras 63. Desta forma, é possível desmontar os suportes sempre que necessário, sem danificar o sistema.

De salientar que o suporte do motor e chumaceira têm duas cantoneiras de cada lado, dado o seu formato.

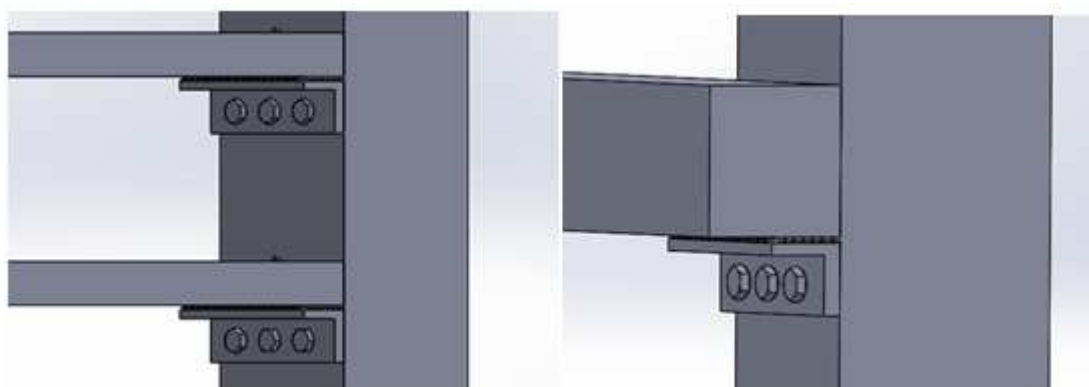


Figura 63 - Exemplo de fixação dos suportes.

Depois da descrição dos apoios extras necessários à estrutura, segue-se o sistema de corte propriamente dito. O corte do material é realizado por discos que, por sua vez, estão incorporados num casquilho normalizado, que percorre o veio estriado (Figura 64).

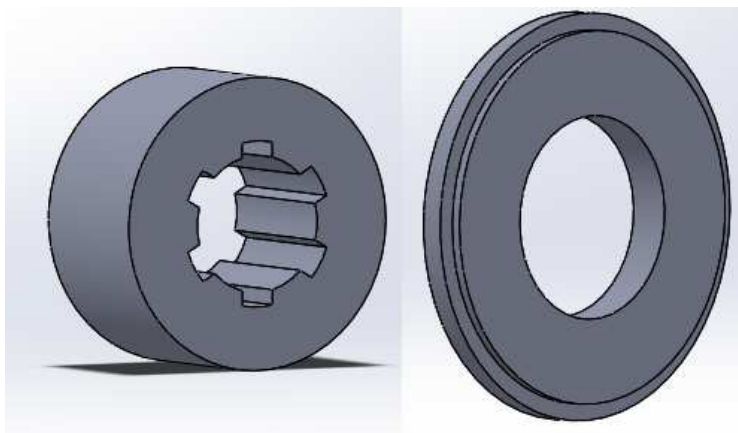


Figura 64 - Conjunto de corte.

O conjunto é montado e soldado para promover a união entre estas duas peças. Para diminuir o atrito entre a manga e o veio, aquando do seu deslocamento, será implementada uma forma de lubrificação que será descrita posteriormente neste capítulo. As lâminas estão colocadas como se se estivessem a tocar de forma tangencial (espaçamento igual a 25% do material em questão), para originar um corte limpo, sem arrastar material (Figura 65).

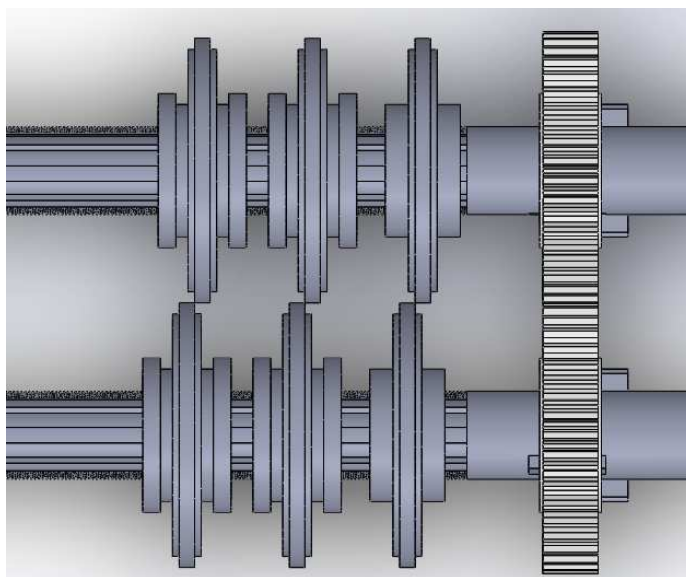


Figura 65 - Vista de cima do sistema de corte.

A grande vantagem deste sistema é a forma com é feito os *setup's* das larguras de Breaker a cortar, graças às guias mostradas na Figura 66.

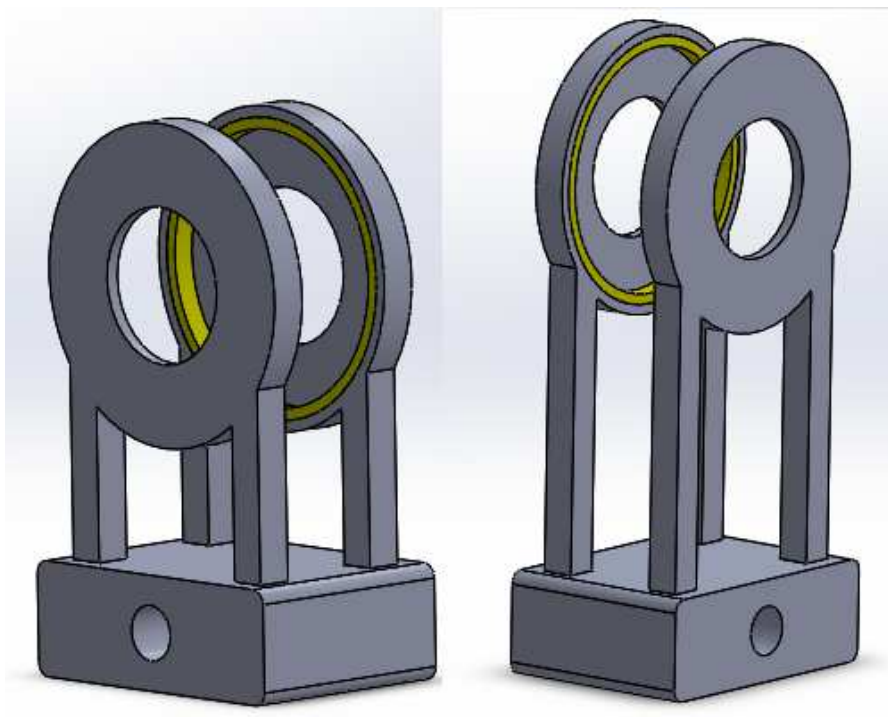


Figura 66 - Guias de lâmina de corte.

Esta conexão desloca as lâminas longitudinalmente de forma rápida e eficaz, conseguindo também assegurar a sua posição durante o corte.

No seu interior está incorporado um anel deslizante (sinalizado a amarelo na Figura 66), entre a manga e a guia, de forma a permitir a rotação da manga sem que esta rotação seja transmitida. Mais uma vez se salienta que a guia só vai movimentar-se longitudinalmente, não rodando em conjunto com o movimento imposto pelo veio.

Os fusos encontram-se apoiados numa caixa lateral, colocada de um dos lados do veio. Estes apoios possuem rolamentos internos para permitir rotação, como é exemplificado na Figura 67.

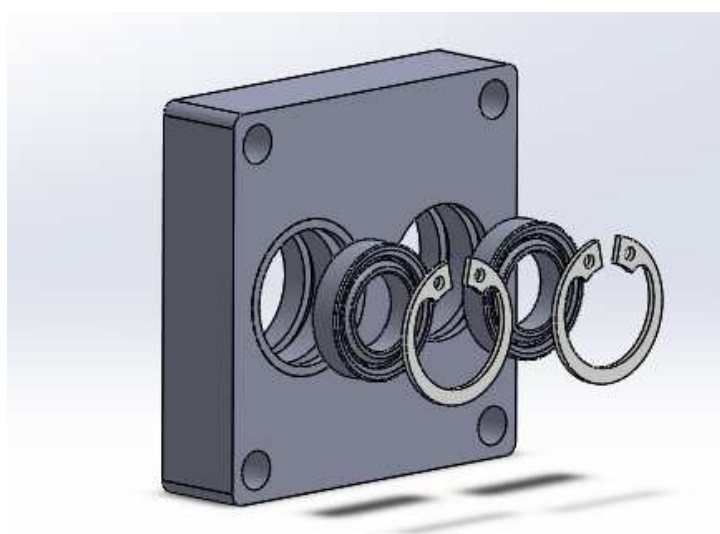


Figura 67 - Apoio de veio roscado.

Como é possível depreender pela Figura 67, existe um anel a bloquear a saída dos rolamentos do interior da caixa. Como o furo é passante (vai de um lado a outro), existe outro anel, no lado oposto, também a bloquear o rolamento.

No lado oposto dos apoios descritos anteriormente, está colocada outra caixa semelhante à primeira, só mudando num aspeto: nas dimensões exteriores.

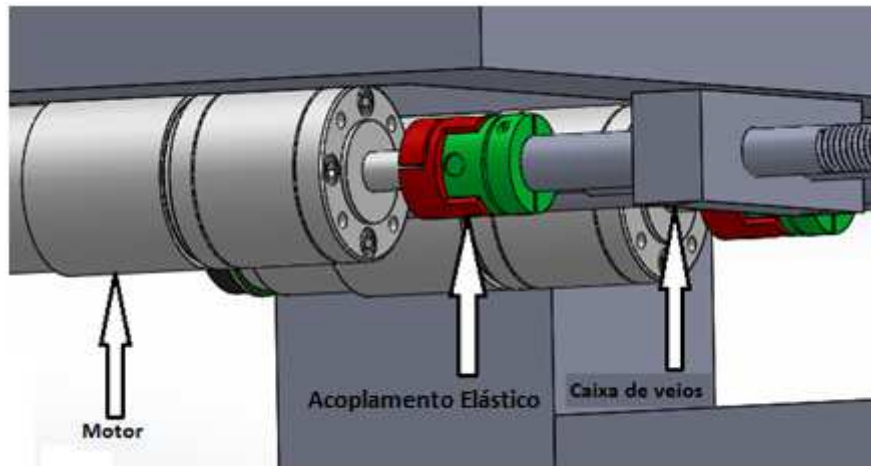


Figura 68 - Exemplificação de ligação aos motores.

Os motores com *encoders* (Figura 68), por sua vez, estão ligados a um PLC (colocado na lateral da máquina e sinalizado a vermelho na Figura 69) e que é possível ser controlado por um monitor (sinalizado a verde na Figura 69).

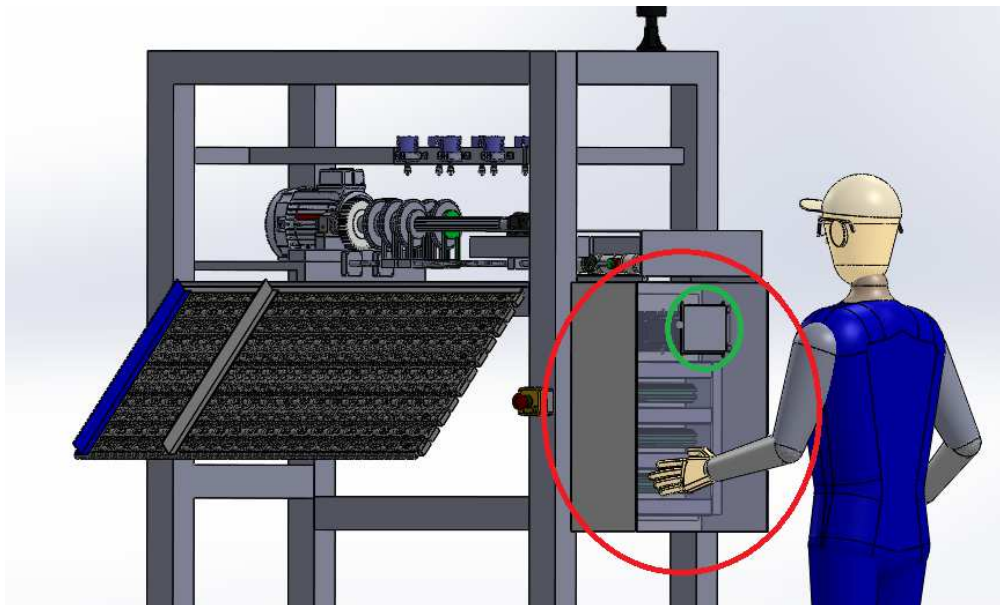


Figura 69 - Sinalização do lugar do PLC e do ecrã que o controla.

A colocação deste tipo de equipamento teria de ser efetuado por uma empresa externa. Acrescenta custos ao projeto mas é uma grande mais valia pois permite que, com um simples toque, seja possível ao operador controlar a largura a produzir, sem ter de o fazer manualmente. Para além disso, poderá igualmente controlar outros dispositivos ligados a este sistema, como por exemplo um novo sistema de lubrificação ou até mesmo um sistema controlo da velocidade de corte.

Ao analisar a Figura 69, repara-se também que o monitor está colocado quase ao nível dos olhos do operador, logo sem esforço para a pessoa que trabalhará nesta máquina.

Antes de acabar este subcapítulo, faz-se uma ressalva a mais três equipamentos instalados na estrutura inicial da máquina, nomeadamente os botões de emergência, colocados junto da passadeira de acesso (como é possível visualizar na Figura 70).

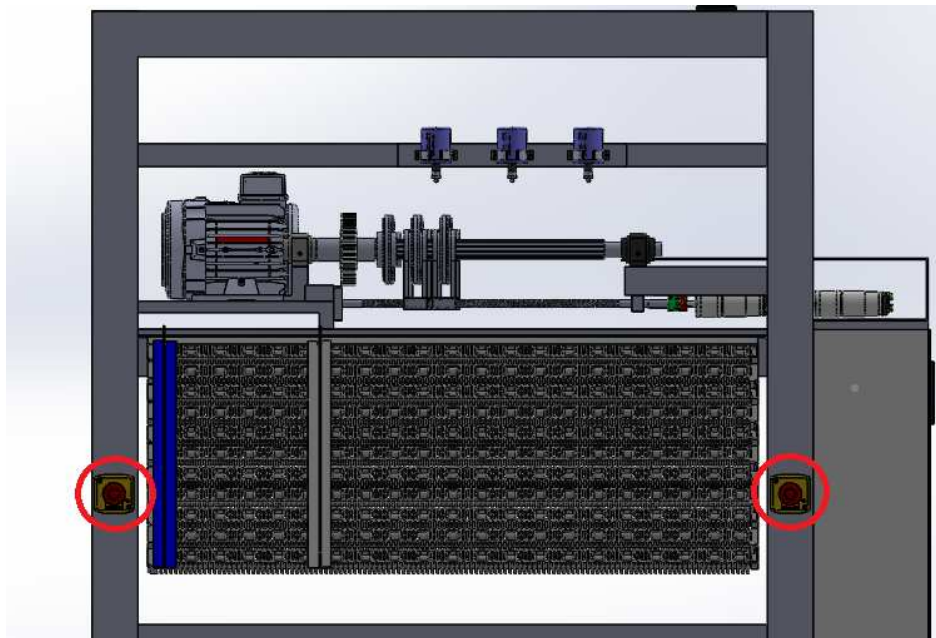


Figura 70 - Sistemas de parada de emergência da máquina.

Em seguida, foi colocado um semáforo (Figura 71) no topo da estrutura, para indicar o estado do equipamento: em funcionamento, parado ou avariado. Estes estados eram sinalizados pelas cores verde, amarelo e vermelha, respetivamente. Este objeto está ligado, também, ao PLC já instalado na máquina.

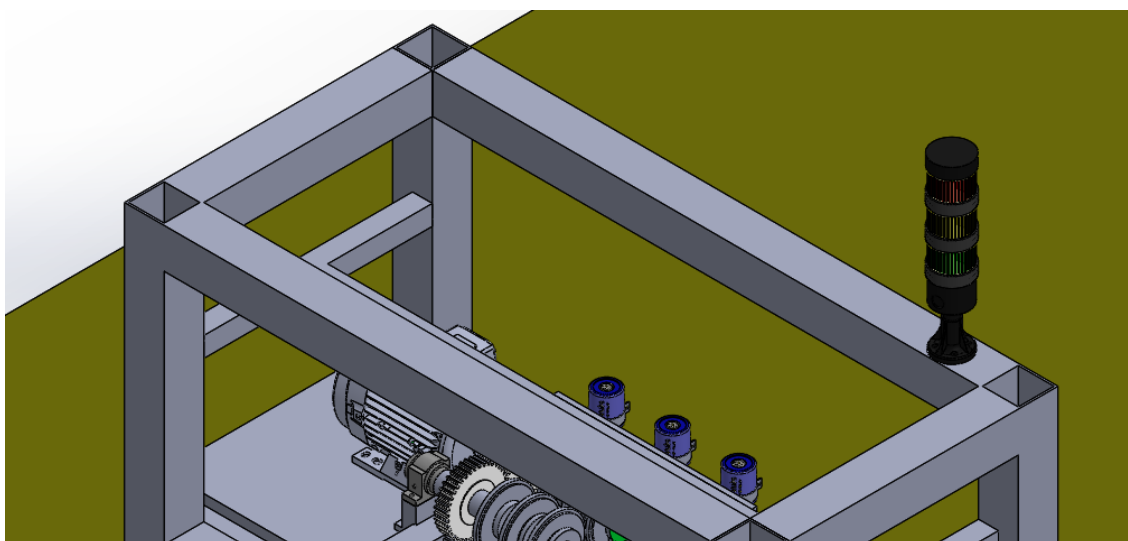


Figura 71 - Semáforo de sinalização do estado da máquina.

Por fim, analisando a Figura 71, existem umas aberturas no topo da estrutura, devido a esta ser construída por tubo de secção quadrada. Para impedir a acumulação de sujidade no seu interior, é colocado uma cobertura em cada abertura (Figura 72).

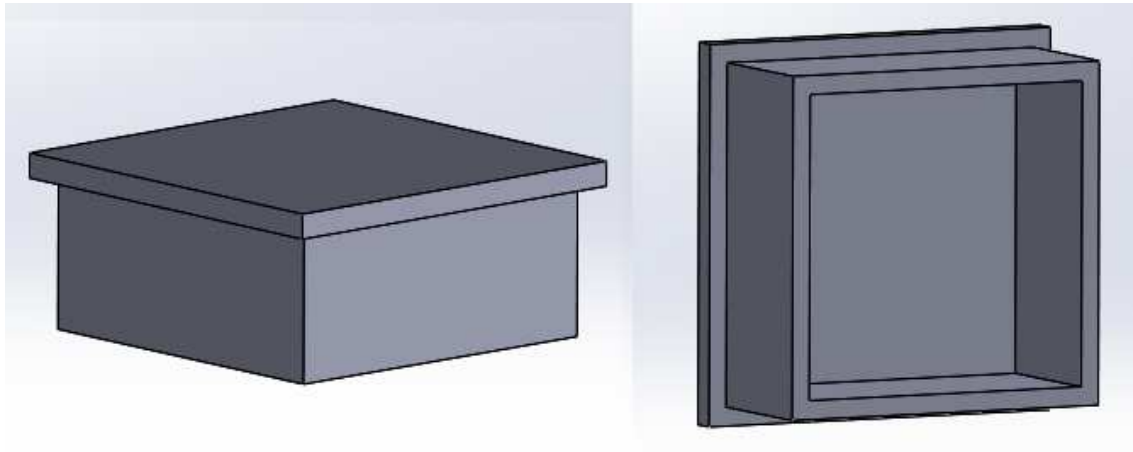


Figura 72 - Tapa de cobertura do topo da estrutura.

3.4.2 Cálculos e Simulações

Velocidade de corte

Atualmente a recuperadora de *breaker* funciona a uma velocidade de 10 a 12 "cortes" de *breaker* por minuto (o comprimento é medido pelo número de cortes capaz de fazer por minuto). Apesar de conseguir, teoricamente, atingir os 18 cortes por minuto, este valor nunca é alcançado.

Na prática obtém-se o seguinte;

$$V_c = C \times L \quad (1)$$

Onde:

- V_c - velocidade de corte [m/min];
- L - comprimento [m];
- C - nº de cortes por minuto [unidade]

O comprimento de um corte de *breaker* varia entre 1,2 metros e os 1,5 metros (considera-se o comprimento médio de 1,35 m para efeitos de cálculo). Logo, tendo em conta o cenário atual pode-se concluir o seguinte:

$$V_{C_{média}} = 12 \times 1,35 = 16,2 \text{ [m/min]} = 0,27 \text{ [m/s]}$$

$$V_{C_{máxima}} = 18 \times 1,35 = 24,3 \text{ [m/min]} = 0,41 \text{ [m/s]}$$

Vai ser considerada a pior situação para a simulação que posteriormente será exibida, pelo que se calcula a V_c com a velocidade máxima e o comprimento máximo de corte;

$$V_{C_{teste}} = 18 \times 1,5 = 27 \text{ [m/min]} = 0,45 \text{ [m/s]}$$

Conclusão: Após consulta dos dados técnicos do anel deslizante agregado à guia (ficha técnica encontra-se em anexo), pode-se concluir que a velocidade de teste calculada de 0,45 m/s é inferior à velocidade de funcionamento máxima, à velocidade linear e à velocidade contínua de 4 m/s.

Velocidade angular

$$\omega = \frac{V_c}{r} \quad (2)$$

Onde:

- ω - Velocidade angular [rad/s];
- r - raio [m].

$$\omega = \frac{0,45}{0,06} = 7,5 \text{ [rad/s]}$$

Rotação

$$n = \frac{\omega \times 30}{\pi} \quad (3)$$

Onde:

- n - rotações por minuto [r.p.m.]

$$n = \frac{7,5 \times 30}{\pi} = 71,62 \cong 72 \text{ r.p.m.}$$

Do cálculo da velocidade também se pode retirar o tempo de enrolamento de cada bobine. Uma bobine de reforço metal cheia tem, em média, 350 metros de material.

Portanto:

$$T.\text{enrolamento} = \frac{350}{V_c} \Leftrightarrow \quad (4)$$

$$\Leftrightarrow T.\text{enrolamento} = \frac{350}{27} \Leftrightarrow T.\text{enrolamento} = 12,96 \cong 13 \text{ minutos.}$$

Utilizando a velocidade máxima de corte disponível (no cálculo da velocidade é considerada a velocidade de teste), conclui-se que são necessário somente 13 minutos para obtenção de 2 bobines de reforço cheias.

De seguida, é apresentada a Tabela 13 que compara os tempos de enrolamento e respetivas velocidades de corte, do equipamento original, e depois da alteração projetada.

Tabela 13 - Condições numéricas da simulação.

Velocidade de Corte (m/min)	Tempo de enrolamento (min)
V. mínima = 13,5	26
V. média = 16,2	22
V. máxima = 24,3	14
V. teste = 27	13

Neste cálculo, é considerado um processo sem paragens durante a duração do corte e enrolamento.

Binário

O binário fundamental para executar o corte já se encontra tabelado pela F05. Relembrando o que já foi explicado previamente, atualmente é a F05 que produz o reforço metálico, aplicando um binário de 85 Nm para cortar duas tiras de reforço e de 145 Nm para quatro tiras de reforço. São valores já definidos pelo fabricante da máquina e serão os mesmos que se irão aplicar na recuperadora. Considerando 145 Nm como binário máximo, é determinada a potência necessária do motor.

$$P = B \times \omega \quad (5)$$

Onde:

- P = Potência [W]
- B = Binário [N.m]

$$P = 145 \times 7,5 = 1087,5 \text{ W}$$

Logo, a potência mínima fornecida ao sistema de corte terá de ser de 1088 W, pelo que o motor escolhido terá que garantir esse valor. Apesar de haver motores com potência de 1100 W disponíveis no mercado, o escolhido é um motor da WEG® com 1500 W (2 cv), o W22 IR2 2 cv 4P 90S 3F 220/380 V 60 Hz IC411 - TFVE - B3D. Desta forma, consegue-se assegurar um coeficiente de segurança em relação à potência máxima necessária.

As simulações seguintes foram obtidas através do software Solidworks®, foram apoiadas numa malha baseada em curvatura, de forma a fornecer os resultados mais fidedignos possíveis. Na Figura 73 é ilustrada a malha obtida, assim como as suas características.

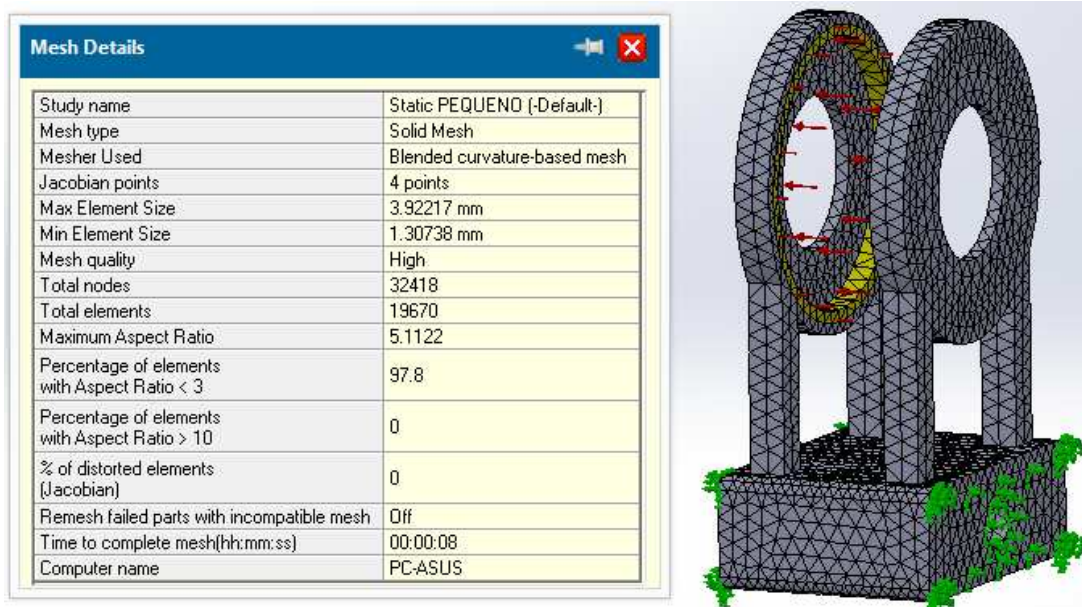


Figura 73 - Malha desenvolvida para os testes estáticos.

A tabela indica as condições numéricas necessárias para a execução da simulação.

Através de análise por elementos finitos do *software SolidWorks®*, desenvolveu-se uma simulação para aferir o comportamento da conexão quando sujeita às cargas de trabalho. O aço escolhido é o C45E, que é largamente utilizado na construção de órgãos mecânicos, veios e cavilhas.

Foi realizado um teste à haste, onde se analisa qual o valor máximo de tensão de von Mises que a haste sofre em condições extremas de trabalho (Figura 74), e qual o deslocamento que sofre nessas condições (Figura 75).

A Tabela 14 descreve as condições impostas a este ensaio.

Tabela 14 - Condições numéricas do teste.

Material	Aço C45E.
Carga aplicada e sua identificação	600000 N/m ² aplicados na zona identificada pelas setas vermelhas.
Condições de fronteira	O componente encontra-se fixo nas zonas indicadas pelas setas verdes.

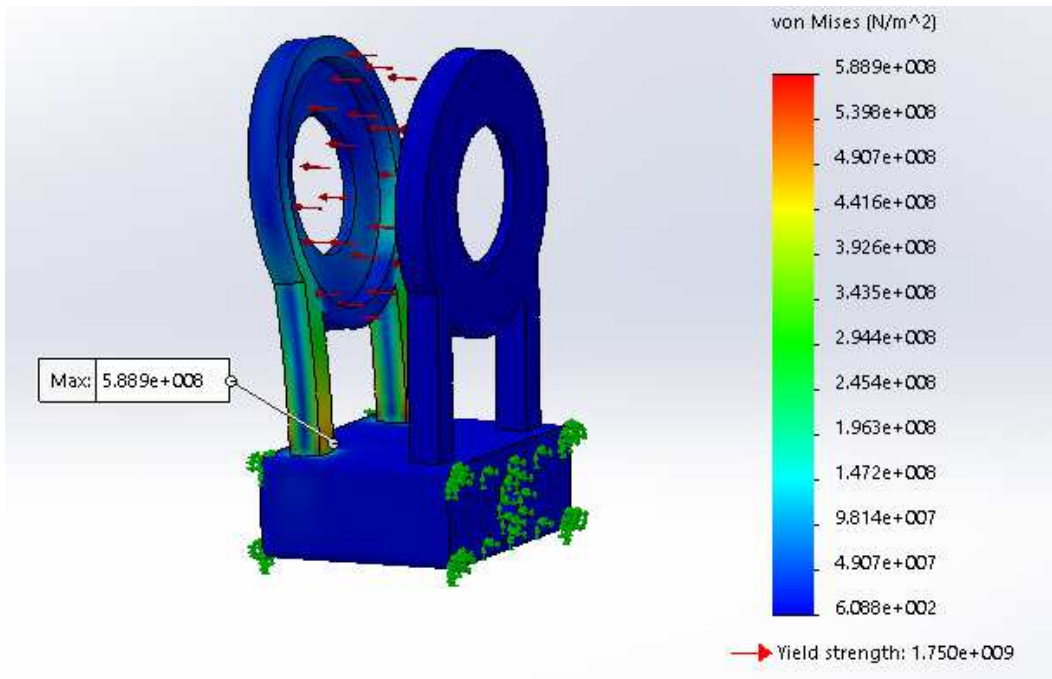


Figura 74 - Teste de cedência à haste da guia mais pequena.

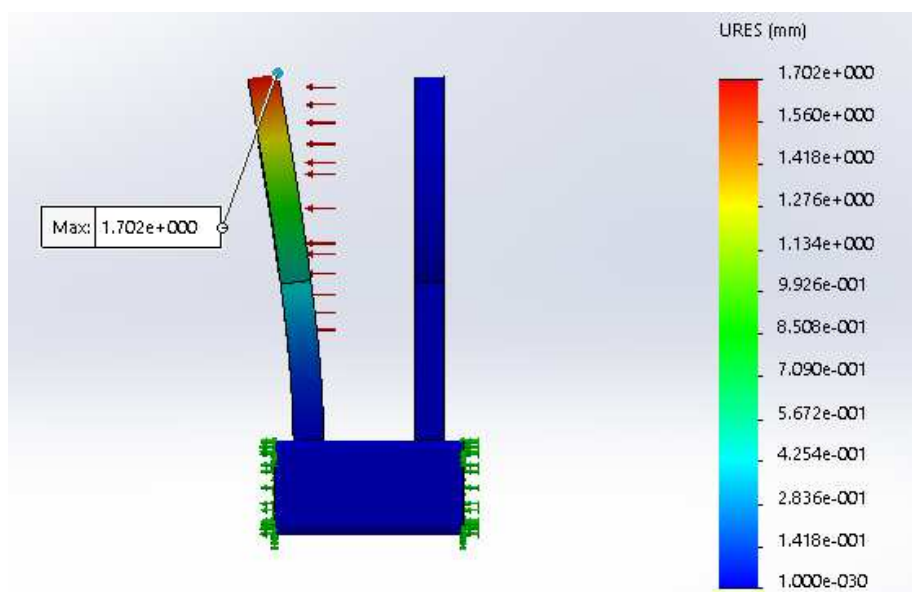


Figura 75 - Deslocamento máximo sofrido pela haste da guia mais pequena.

Desta feita, foi aplicada a pressão de 600 000 N/m² (6 bar é a pressão necessária para efetuar o corte) na zona circular do componente e fixada à base. A zona mais sensível é a ligação entre a base e a haste, como seria de esperar, devido a ser uma zona de concentrações de tensões. Na Figura 81 é possível ver que, mesmo com 600000 N/m² aplicados na parte superior da guia, cede quase 1,8 mm, mas não rompe. O esforço aqui obtido não é suficiente para originar uma rotura. É necessário salientar que esta situação dificilmente acontecerá. Este teste serve para se perceber a resistência da haste e se haveria necessidade de a reforçar.

De igual modo, na segunda guia foram efetuados os mesmos testes, como se pode comprovar de seguida.

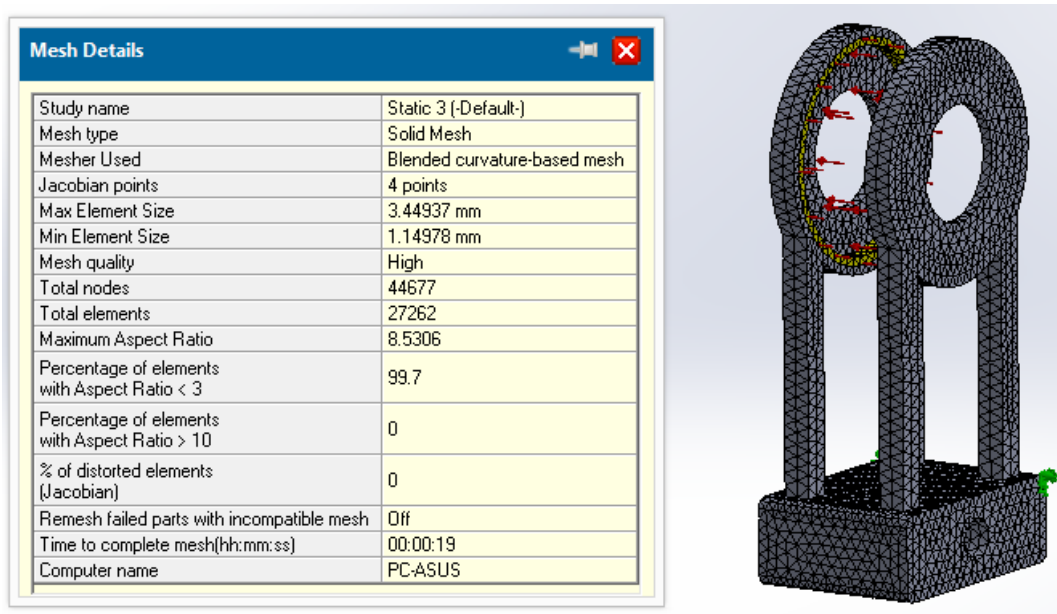


Figura 76 - Malha criada para os testes da guia.

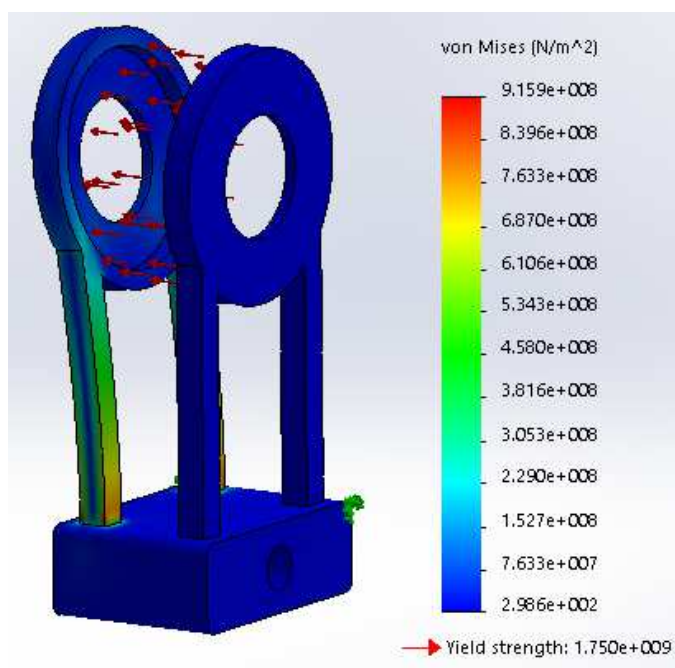


Figura 77 - Teste de cedência à haste da guia maior.

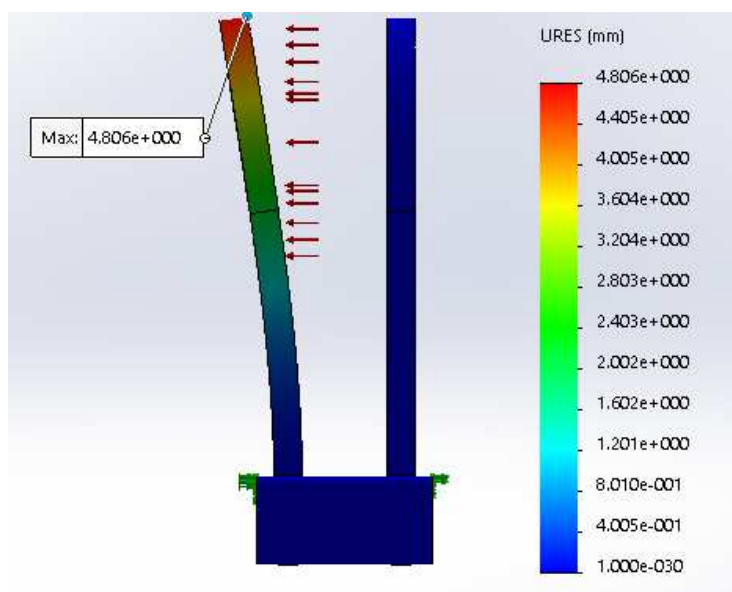


Figura 78 - Deslocamento máximo sofrido pela haste da guia maior.

A partir da Figura 77 e Figura 78, comprova-se que o facto de as hastes serem maiores nesta guia, a torna mais frágil do que a outra.

3.4.3 Lubrificação

Neste projeto existem determinados contactos mecânicos que necessitam de lubrificação, mais propriamente a ligação das engrenagens de dentado reto, as guias de deslocamento das lâminas de corte, e as conexões que deslizam sobre os veios estriados.

No caso das engrenagens, uma roda dentada é de aço e outra de polióxio de metileno (POM). Este polímero apresenta elevada rigidez, alta resiliência e baixo desgaste [44]. Desta forma, a combinação da roda dentada de aço com a de POM torna dispensável o uso de lubrificação externa, visto que um dos elementos (POM) é autolubrificante.

No segundo caso referido, as guias possuem no seu interior anéis deslizantes. Estes anéis são autolubrificados, reforçados com aditivos (fibras, material de enchimento e lubrificantes sólidos), tornando-se suficientemente resistentes ao desgaste, reduzindo drasticamente o atrito do sistema e sendo capazes de absorver forças relativamente elevadas. Mais uma vez, torna-se supérfluo o uso externo de lubrificante. Na Figura 79 é dado um exemplo deste material.

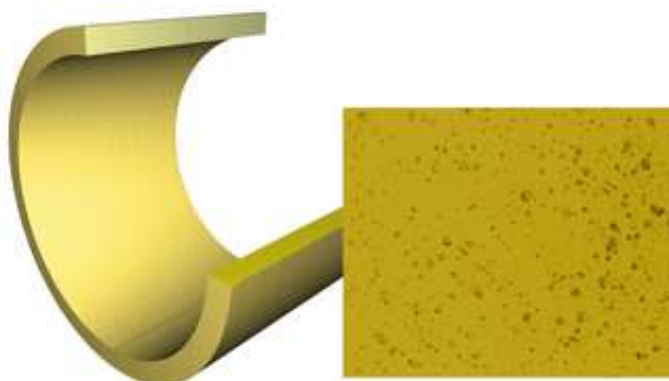


Figura 79 - Anel deslizante IGUS.

Por fim, os veios principais e as conexões de deslocamento. Neste caso, a melhor opção encontrada foi recorrer a lubrificação externa. Por cima de cada veio, está colocado um sistema de lubrificação que pulveriza o lubrificante automaticamente nos veios (Figura 80).

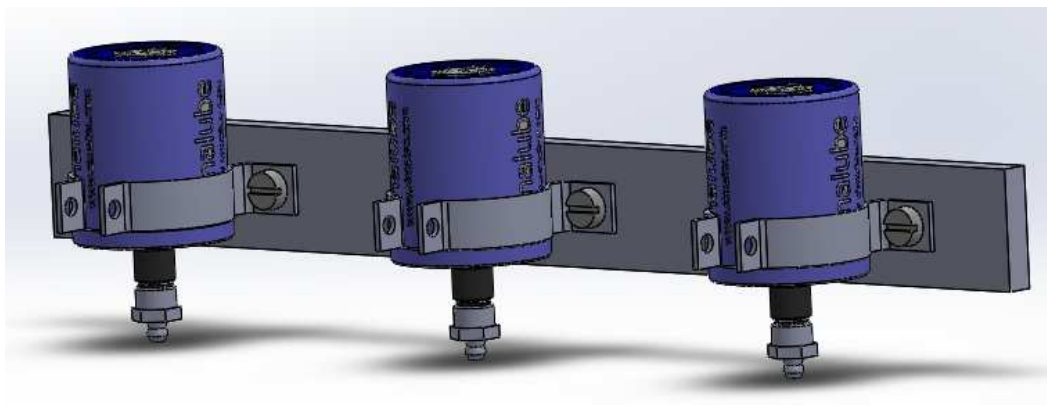


Figura 80 - Sistema de pulverização.

Na Figura 80 poderá ver-se o sistema constituído por três lubrificadores automáticos, que acoplados a si têm um bocal que fará a nebulização. Por sua vez, cobrirá a superfície do veio, deixando um filme de espessura homogênea. A pulverização ocorre enquanto os veios estão em rotação, para maior área de aplicação do filme e, com o deslocamento dos conectores sobre os veios lubrificados, o fluído atua também no interior dos conectores.

O sistema de funcionamento baseia-se numa bateria que produz gás, construída atrás do pistão no lubrificador, que distribui o lubrificante automaticamente e

uniformemente no ponto de lubrificação [45]. Para melhor compreensão, a Figura 81 mostra um lubrificador em corte.



Figura 81 - Lubrificador.

No topo do lubrificador existe um temporizador, semelhante ao representado na Figura 82, que em conjunto com a bateria comanda a libertação de gás e origina a lubrificação.



Figura 82 - Conjunto bateria e temporizador [46].

Estas unidades são fabricadas por marcas como a SKY® ou a Simalube®, sendo uma ótima solução em comparação com a lubrificação manual, que é mais demorada, e com maiores custos.

O reservatório é transparente, ou parcialmente transparente, o que permite o controlo da sua quantidade. A sua capacidade varia entre 60 ml e 150 ml [46].

Para terminar, este sistema está aparafusado a uma estrutura em "T", colocada horizontalmente por cima do sistema de corte, como é demonstrado nas Figuras 83 e 84.

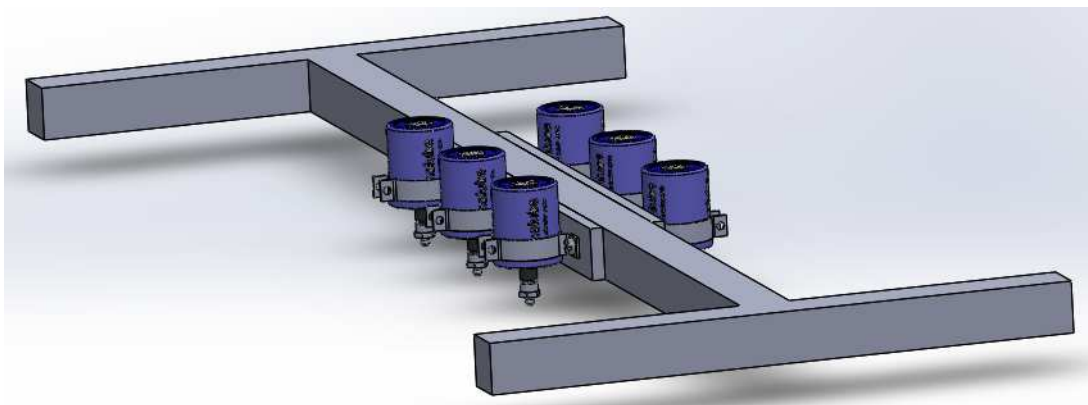


Figura 83 - Sistema de lubrificação externa.

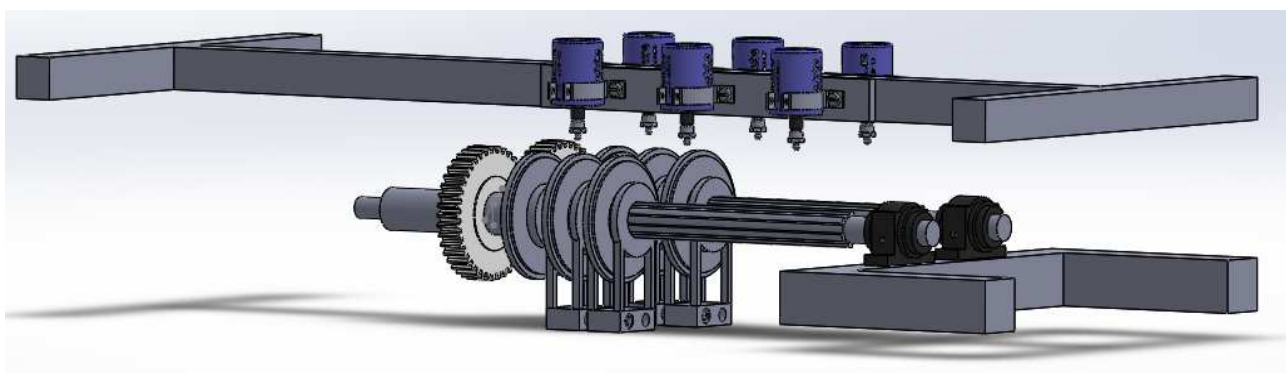


Figura 84 - Exemplo de aplicação.

A estrutura em "T" fica suspensa por cima dos veios, devido a estar aparafusada às colunas laterais da estrutura principal, como é possível ver na Figura 85.

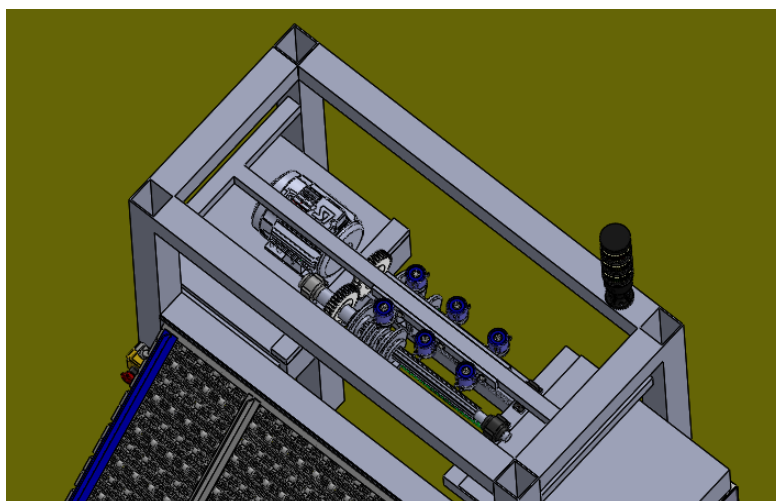


Figura 85 - Vista do sistema de lubrificação dos veios, por cima da máquina.

Para finalizar, é necessário abordar a lubrificação dos veios que comandam as conexões de corte.

As guias de corte têm no interior da parte rosca um casquilho auto-lubrificante, que diminui o atrito e lubrifica o fuso a quando da sua passagem. Desta forma, a cada manutenção só é necessário efetuar a troca do casquilho pelo técnico de manutenção (Figura 86).

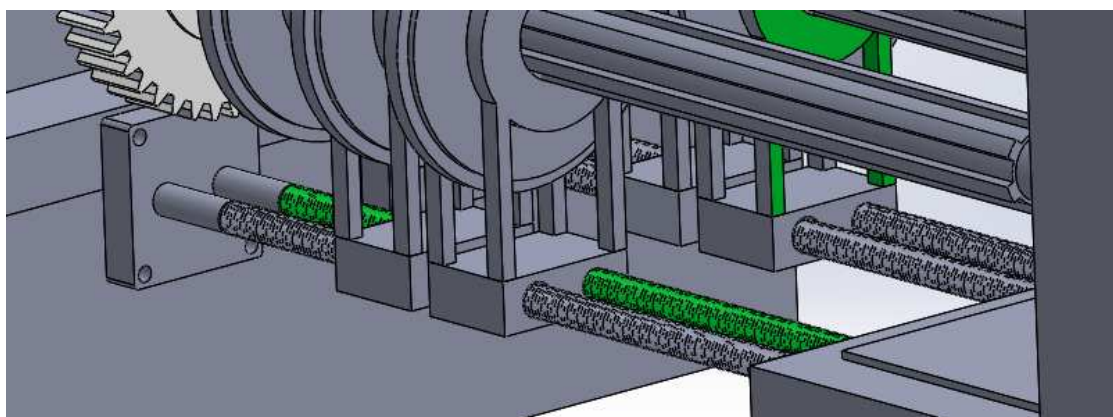


Figura 86 - Veios onde vai ser aplicada a massa lubrificante.

3.5 Orçamentação

Na Tabela 15 é fornecida a lista de peças normalizadas, de forma sucinta, que é necessário adquirir para a execução deste projeto. Nos anexos está o orçamento mais completo.

Tabela 15 - Lista de peças e respetivos preços

Peça/Serviço	Fornecedor	Custo Unitário (euros)	Quantidade	Total (euros)
Motor Elétrico	REIMAN	177,66 €	1	177,66 €
Chumaceira Ø20 mm	Nuno e Castro	34,32 €	3	102,96 €
Rolamento 6000-C-2Z	Nuno e Castro	4,71 €	4	18,84 €
Roda Dentada	REIMAN	11,49 €	2	22,98 €
Servomotor	RS	473,10 €	4	1 892,40 €
Veio Otogonal	REIMAN	176,54 €	2	353,08 €
Veio roscado	REIMAN	78,99 €	4	315,96 €
Anel de deslizamento	IGUS	34,90 €	8	279,20 €
PLC, programação e técnico	EuroClario Automatismos Elétricos, Lda	2 500,00 €	1	2 500,00 €
Trabalho de serralharia	João David Serralharia Civil Unipessoal Lda	2 800,00 €	1	2 800,00 €
Custo Total				8 463,08 €

No total, resulta aproximadamente num investimento de 8.500 euros para a remodelação da máquina em questão.

3.6 Plano de Manutenção

Tabela 15 - Plano de Manutenções para a máquina de corte.

Componente	Tipo de Manutenção	Tarefa	Periodicidade
Área de trabalho	Autónoma	Limpeza da área circundante da máquina.	Diária
Disco de corte	Autónoma	Limpeza dos discos recorrendo a um pincel ou escova para o efeito.	Diária
Sistema de lubrificação	Autónoma	Verificar o correto funcionamento do sistema assim como a quantidade de lubrificante.	Mensal
Veios e disco de corte	Preventiva	Garantir as cotas iniciais.	Anual
Anel Deslizante	Preventiva	Verificar estado do anel e se necessário substituir.	A cada 6 meses
Veios das guias	Preventiva	Lubrificação dos veios (de forma manual).	A cada 3 meses
Rolamentos e outros elementos mecânicos	Preventiva	Verificar o seu estado e se necessário trocar.	A cada 6 meses

O plano de manutenção apresentado contempla dois tipos de manutenção:

- Manutenção Autónoma;
- Manutenção Preventiva.

No caso da manutenção autónoma, trata-se de funções que podem ser desempenhadas pelos próprios operadores, sem necessidade de recorrer a ferramentas. É constituída essencialmente por inspeções visuais e operações de limpeza da área de trabalho e elementos da mesma. Já a manutenção preventiva, tem de ser efetuada por uma equipa técnica especializada, tratando de assuntos mais relevantes como a substituição de peças ou efetuar reparações necessárias.

Nesta tabela (tabela 15) não está mencionada a manutenção corretiva, pois este tipo de manutenção não é planeada, e só ocorre após a identificação de um problema ou erro inesperado. A intenção é manter o máximo possível as atividades dentro da manutenção autónoma e da preventiva, de forma a evitar custos inesperados com manutenções não planeadas.

CONCLUSÕES

4.1 CONCLUSÕES

4 CONCLUSÕES

4.1 CONCLUSÕES

De acordo com os objetivos a cumprir, definidos no início deste trabalho, é possível melhorar a linha de produção de cinta metálica.

O presente trabalho deu a conhecer os pontos fracos do sistema atual, destacando os principais problemas, as suas origens e a forma mais eficiente de os solucionar.

O projeto debruçou-se essencialmente no melhoramento do sistema de corte. Na fase de anteprojecto, foram equacionadas três hipóteses de optimização do sistema, tendo sido seleccionada a melhor. Posteriormente, foi elaborado um estudo de forma a corroborar o bom desempenho das peças vitais ao processo, através de cálculos e da utilização de um *software* de modelação.

De uma forma mais detalhada foi alcançado o seguinte:

- Inalteração do *layout* atual;
- Implementação de novo sistema de corte;
- Diminuição de *setups* e de máquinas envolvidas. Deixa de existir a necessidade de parar outras máquinas para ser produzido o material. Desta forma evita-se mudanças na programação das ordens de material e anulam-se os *setups* demorados;
- A linha de produção passa a ter maior estabilidade e fluidez no processo, sendo eliminadas montagens defeituosas e imposto um corte mais preciso;
- Velocidade de ciclo é incrementada;
- Controlo da linha produtiva executado através de manipulações manuais, o que contribuiu para uma maior simplicidade do sistema e para um investimento mais contido.

É possível afirmar que todos os objetivos foram atingidos, e que o projeto se encontra pronto para implementação.

Este trabalho prova que problemas complexos podem ser resolvidos com mecanismos e conceitos simples. Contudo, a melhoria contínua faz parte do processo de evolução de um projeto e este não é exceção. No final deste trabalho, é sugerida uma forma de optimização, que passa pelo controlo das lâminas de corte deixar de ser manual e passar a ser controlado por servo motores que ajustam a largura pretendida de forma

mais automatizada. Esta pode ser uma estratégia de evolução do sistema produtivo, mas que antes necessita de um estudo mais aprofundado sobre o seu real benefício. Existem vários fatores a ter em conta como fatores técnicos, funcionais ou económicos. Este último é o que pesa mais numa decisão final, pois é sempre calculada a relação investimento/benefício, onde se analisa se é viável a sua implementação e se as vantagens adquiridas são suficientes para recuperar o valor desse investimento.

BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO

5.1 Livros, normas e artigos

5 BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO

5.1 Livros, normas e artigos

- [1] INTELI, “Diagnóstico da Indústria Automóvel em Portugal,” Lisboa, Portugal, 2005.
- [2] C. Rosa, L. P. Perreira e F. Silva, “Improving the quality and productivity of steel wire-rope assembly,” *Procedia Manufacturing* 11 (2017) 1035-1042..
- [3] K. Ulrich e S. D. Eppinger, *Product Design and Development*, New York: McGraw-Hill, 1995.
- [4] OICA, “OICA - Production Statistics,” 2017. [Online]. Available: <http://www.oica.net/category/production-statistics/2016-statistics/>. [Acedido em 12 8 2017].
- [5] ACAP, 2016. [Online]. Available: <http://www.acap.pt/pt/home..> [Acedido em 09 11 2017].
- [6] L. P. Féria, “A História do Sector Automóvel em Portugal,” 1999.
- [7] A. J. d. C. Guerra, “Formas e Determinantes do Envolvimento Externo das Empresas,” em *Internacionalização da Indústria Automóvel e Integração da Indústria Portuguesa na Indústria Automóvel Mundial*, Lisboa, Instituto Superior de Economia e Gestão da Universidade Técnica de Lisboa, 1990, p. 397.
- [8] Daimler-Benz, “Daimler,” 3 3 2017. [Online]. Available: <https://media.daimler.com/marsMediaSite/en/instance/picture/Mercedes-Benz-Woerth-plant.xhtml?oid=15773930>. [Acedido em 13 7 2018].
- [9] P. H. Lebedenco, “Mercedes Benz no Brasil,” *Sua Boa Estrela*, 1988.
- [10] R. Portugal, “Renault Cacia,” 2018. [Online]. Available: <https://www.renault.pt/descubra-a-renault/cacia/>. [Acedido em 2018 7 13].
- [11] R. Tavares, “Volkswagen Autoeuropa. De Palmela (quase tudo) para o mundo.,” 23 12 2015. [Online]. Available: <https://www.dinheirovivo.pt/empresas/volkswagen-autoeuropa-de-palmela-quase-tudo-para-o-mundo/>. [Acedido em 5 2018].
- [12] Autoeuropa.com, “Autoeuropa.com,” 2017. [Online]. Available: <https://www.volkswagenautoeuropa.pt/empresa/historia>. [Acedido em 5 2018].
- [13] B. M. D. N. Moreira, R. M. Gouveia, F. J. G. Silva e R. D. S. G. Campilho, “A Novel Concept Of Production And Assembly Processes,” *Procedia Manufacturing* 11

- (2017) 1385-1386.
- [14] L. Fonseca, "Apontamentos de Gestão Industrial 2," Instituto Superior de Engenharia do Porto, Porto, 2014.
- [15] W. F. Araújo, F. J. G. Silva, R. D. S. G. Campilho, J. A. Matos, "Manufacturing cushions and suspension mats for vehicle seats: a novel cell concept," *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 90 (2017) 1539-1545.
- [16] I. P. d. Qualidade, "Normalização," 4 2018. [Online]. Available: <http://www1.ipq.pt/PT/Normalizacao/Pages/Normalizacao.aspx>. [Acedido em 5 2018].
- [17] S. TÜV, "TÜV SÜD Portugal," Outubro 2016. [Online]. Available: https://www.tuv-sud.pt/pt-pt/home/os-nossos-servicos/certificacao-de-sistemas-de-gestao-e-rse/norma-iatf-16949-industria-automotiva#tab_1529661308506923160647. [Acedido em 21 11 2019].
- [18] P. Dias, F. J. Silva, R. S. Campilho, L. P. Pereira e T. Santos, "Analysis and Improvement of an Assembly Line in the Automotive," *Procedia Manufacturing*, 38 (2019) 1445-1446.
- [19] T. Ohno, O Sistema Toyota de Produção (Bookman), São Paulo, 1988.
- [20] C. A. Ortiz, Lessons From a Lean Consultant, New York: Prentice Hall, 2008.
- [21] J. P. Pinto, Lean Fhinking, Introdução ao Pensamento Magro, 2008.
- [22] M. P. Groover, Automation, Production Systems and Computer-Aided Manufacturing, 2007.
- [23] E. Sousa, F. J. G. Silva, L. P. Pereira, M. T. Pereira, R. Gouveia e P. Silva, "Applying SMED methodology to cork stoppers production," *Procedia Manufacturing* 17 (2018) 611-622.
- [24] R. F. L. Santos, F. J. G. Silva, R. M. Gouveia, R. D. S. G. Campilho, L. P. Ferreira e M. Pereira, "The Improvement of an APEX Machine involved in the Tire Manufacturing Process," *Procedia Manufacturing* 17 (2018) 571-578.
- [25] M. J. R. Costa, R. M. Gouveia, F. J. G. Silva e R. D. S. G. Campilho, "How to solve quality problems by advanced fully-automated," *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 94 (2018) 3041-3063.
- [26] A. Walter, F. Silva, R. Campilho, A. Baptista e G. Pinto, "How to Become a Manufacturing Cell Fully-Automated," *Advances in Robotics & Mechanical Engineering*, 1(1) 2018, 3-9.
- [27] E. Hyundai, "Homem e máquina: como são fabricados os automóveis modernos," Julho 2017. [Online]. Available: <https://www.razaoautomovel.com/2017/07/hyundai-automoveis-modernos>. [Acedido em 21 Setembro 2018].

- [28] R. J. S. Costa, F. J. G. Silva e R. D. S. G. Campilho, "A Novel Concept of Agile Assembly Machine for Sets Applied in the Automotive Industry," *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 91 (2017) 4043-4054.
- [29] A. AG, "Alamy.de," 29 2 2012. [Online]. [Acedido em 13 7 2018].
- [30] N. Martins, F. J. G. Silva, R. D. S. G. Campilho e L. P. Ferreira, "A novel concept of Bowden cables flexible and full-automated," *Procedia Manufacturing* (2020), In Press.
- [31] M. Soares, "Desenvolvimento de Sistemas Automáticos de Alimentação e Descarga de Injetora de Plásticos," Instituto Superior de Engenharia do Porto, 2015.
- [32] R. D. Campilho, "Método de Elementos Finitos," em *Método de Elementos Finitos*, Porto, Publindústria, 2012, p. 175.
- [33] C. AG, "www.continental-corporation.com," [Online]. Available: <https://www.continental-corporation.com/pt-pt/empresa/hist%C3%B3ria>. [Acedido em 11 11 2017].
- [34] C. AG, "www.continental-corporation.com," 2017. [Online]. Available: <https://www.continental-corporation.com/pt-pt/products-innovation/overview/as-nossas-fortes-divis%C3%B5es-88796>. [Acedido em 12 11 2017].
- [35] M. M. N. d. Borracha, "Restos de Coleção," 6 7 2012. [Online]. [Acedido em 12 8 2018].
- [36] R. Neves, "Jornal de Negócios," 7 4 2017. [Online]. Available: <https://www.jornaldenegocios.pt/empresas/detalhe/continental-mabor-vai-investir-150-milhoes-e-criar-mais-200-empregos>. [Acedido em 12 11 2017].
- [37] R. Neves, "Jornal de Negócios," 3 4 2017. [Online]. Available: https://www.jornaldenegocios.pt/empresas/detalhe/continental-mabor-com-lucros-de-226-milhoes-em-2016?ref=DET_relacionadas. [Acedido em 12 11 2017].
- [38] B. Continental, Rubber Technology, 2011.
- [39] Continental, Tires Basics, 2012.
- [40] R. P. Sousa, "Melhoria do Processo de Extrusão na Indústria dos Pneus," Universidade do Minho, 2011.
- [41] P. Nunes e F. Silva, "Increasing Flexibility and Productivity in Small Assembly Operations: A Case Study," In: "Advances in Sustainable and Competitive Manufacturing Systems," A. Azevedo (Ed.), Springer, Heidelberg, 2013. DOI: 10.1007/978-3-319-00557-7_27.
- [42] Aços Ramada, "Uddeholm Vanadis 23 SuperClean," 14 12 2017. [Online]. Available: https://www.ramada.pt/pt/produtos/acos/aa-os-ra-a1pidos/vanadis-23_.html. [Acedido em 27 10 2019].

- [43] Resinex, “Resinex,” 2018. [Online]. Available: <http://www.resinex.pt/tipos-de-polimeros/pom.html>. [Acedido em 8 8 2018].
- [44] Simalube, “www.simatec.com,” 2018. [Online]. Available: <https://simatec.com/products-us/simalube-single-point-lubricator/>. [Acedido em 11 9 2018].
- [45] SKF, “www.sky.com.pt,” 2018. [Online]. Available: <http://www.skf.com/pt/products/lubrication-solutions/lubrication-systems/single-point-automatic-lubricators/gas-driven-single-point-automatic-lubricators/index.html>. [Acedido em 11 9 2018].
- [46] R. Manzini, A. Regattieri, H. Pham e E. Ferrari, *Maintenance for Industrial Systems*, London: Springer, 2010.
- [47] A. C. Márquez, *The Maintenance Management Framework*, England: Springer-Verlag London, 2007.
- [48] T. Wireman, *Benchmarking Best Practices in Maintenance Management*, Nova Iorque: Industrial Press, 2004.
- [49] R. D. Gulati, *Maintenance and Reliability Best Practices*, Nova Iorque: Industrial Press, 2012.
- [50] K. A. H. Kobbacy e D. N. P. Murthy, *Complex System Maintenance Handbook*, England: Springer, 2008.
- [51] M. Ben-Daya, S. O. Duffuaa, A. Raouf, J. Knezevic e D. Ait-Kadi, *Handbook of Maintenance Management and Engineering.*, England: Springer Science & Business Media, 2009.
- [52] R. E. McDermott, M. R. Beauregard e R. J. Mikulak, *The basics of FMEA*, Portland: CRC Press, 2008.
- [53] D. H. Stamatis, *The OEE Primer*, Portland: CRC Press, 2010.
- [54] S. Vilarinho, I. Lopes e J. A. Oliveira, “Preventive maintenance decisions through maintenance,” em *27th International Conference on Flexible Automation and Intelligent Manufacturing, FAIM2017*, Modena, Italy, 2017.
- [55] R. Dekker, “Applications of maintenance optimization models: a review and analysis,” em *Reliability Engineering and System Safety*, Rotterdam, Elsevier, 1996, pp. 229-240.
- [56] EN 13306, *European Standard: Maintenance terminology*, CEN - European committee for standardization, Brussels, 2010.
- [57] INE-Instituto Nacional de Estatística, *Classificação portuguesa das actividades económicas: CAE - Rev. 3*, Lisboa: INE, 2007.
- [58] T. Netto, “A importância da IAA para o crescimento da economia: Ambição 2020 – na rota do crescimento,” em *FIPA - Federação das Indústrias Portuguesas Agro-*

Alimentares, 2014.

- [59] L. Magalhães, “Enquadramento macroeconómico da Indústria Agroalimentar em Portugal,” em *Federação das Indústrias Portuguesas Agroalimentares*, 2012.
- [60] W. Kennedy, J. W. Patterson e L. D. Fredendall, “An overview of recent literature on spare parts inventories,” em *International Journal of Production Economics*, USA, Elsevier, 2002, pp. Vol. 76, 201–215.
- [61] S. Mukhopadhyay, K. Pathak e K. Guddu, “Development of decision support system for stock control at area level in mines,” *IE Journal*, p. 84:11–6, 2003.
- [62] M. A. Cohen e H. L. Lee, “Out of Touch With Customer Needs? Spare Parts and After Sales Service,” *Sloan management review*, p. 31(2):55, 1990.
- [63] M. McGrath, “World's Largest Food And Beverage Companies 2017: Nestle, Pepsi And Coca-Cola Dominate The Field,” *Forbes*, 2017.
- [64] H. Real, M. Barbosa e T. Carvalho, “Massas alimentícias, uma abordagem técnica e científica,” 16 Maio 2018. [Online]. Available: http://www.apn.org.pt/documentos/ebooks/Ebook_Massas_Alimenticias.pdf.
- [65] J. M. McGinnis, J. A. Gootman e V. I. Kraak, *Food Marketing to Children and Youth: Threat or Opportunity?*, Washington DC: INSTITUTE OF MEDICINE OF THE NATIONAL ACADEMIES, 2006.
- [66] M. Roser e H. Ritchie, “Food per Person,” 2017. [Online]. Available: <https://ourworldindata.org/food-per-person>. [Acedido em 22 Maio 2018].
- [67] Dyadem Press, *Guidelines for Failure Mode and Effects Analysis (FMEA)*, for Automotive, Aerospace, and General Manufacturing Industries, Ontario: CRC Press, 2003.
- [68] Kaizen Institute, “5 Passos de ouro para organizar as áreas de trabalho,” 27 Abril 2015. [Online]. Available: <https://pt.kaizen.com/blog/post/2015/04/27/5-passos-de-ouro-para-organizar-as-areas-de-trabalho.html>. [Acedido em 23 Maio 2018].
- [69] T. Tinga, *Principles of Loads and Failure Mechanisms. Applications in Maintenance, Reliability and Design*, London: Springer, 2013.
- [70] R. K. Mobley, *An Introduction to Predictive Maintenance*, EUA: Butterworth-Heinemann, 2002.
- [71] D. Selvaraj, “Supplier Lead Times Impact Inventory Management,” 5 Maio 2017. [Online]. Available: <http://www.cgnglobal.com/node/710>.
- [72] T. Siddiqui e H. A. Kinnison, *Aviation Maintenance Management*, McGraw-Hill Education, 2012.
- [73] “Global Industry Outlook Report 2018,” [Online]. Available: https://www.gulfood.com/__media/libraries/brochures/Gulfood-Global-Industry-Outlook-Report-2018.pdf. [Acedido em 15 Maio 2018].

- [74] Anath, "Is EOQ the best purchase model for your business?," 28 Julho 2015. [Online]. Available: <http://www.hashllp.com/is-eoq-the-best-purchase-model-for-your-business/>. [Acedido em 28 Maio 2018].
- [75] A. Al-Bawi, "Spare parts management potential in production sector," Mälardalen University, School of Business, Society and Engineering, Industrial Economics and Organisation, Mälardalen, Suécia, 2015.
- [76] eInforma, "(C107) Indústrias alimentares," 2018. [Online]. Available: https://www.infoempresas.com.pt/C10_INDUSTRIAS-ALIMENTARES.html. [Acedido em 1 Junho 2018].
- [77] Getninjas, "Cozinha para Eventos | Diferentes tipos de massas," 2017. [Online]. Available: <https://www.getninjas.com.br/guia/eventos/cozinha-para-eventos/diferentes-tipos-de-massas/>. [Acedido em 30 Maio 2018].
- [78] L. Perner, "International Food Markets," 2017. [Online]. Available: https://www.consumerpsychologist.com/food_International_Markets.html. [Acedido em 4 Junho 2018].
- [79] C. Fischer, "A "McDonaldização" dos Costumes," em *História da Alimentação*, São Paulo, Estação Liberdade, 2007, pp. 841-863.
- [80] L. M. Menacho, L. H. Silva, P. A. A. Barretto, G. Mazal, F. M. Fakhouri, C. J. Steel e F. P. Collares-Queiroz, "Desenvolvimento de massa alimentícia fresca funcional com a adição de isolado protéico de soja e polidextrose utilizando páprica como corante," *Brasil, Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 2008, pp. 767 - 778.
- [81] G. Koenigsaecker, *Liderando a transformação Lean nas empresas*, Porto Alegre: Bookman, 2001.
- [82] Union of Organizations of Manufacturers of Pasta products of the European Union, "World Pasta Production," Dezembro 2015. [Online]. Available: <http://www.pasta-unafpa.org/ingstatistics5.htm>. [Acedido em 21 Maio 2018].
- [83] M. A. Bragg Ph.D., C. A. Roberto Ph.D., J. L. Harris Ph.D., K. D. Brownell Ph.D. e B. Elbel Ph.D., "Marketing Food and Beverages to Youth Through Sports," em *Journal of Adolescent Health*, vol. 62, New York, Elsevier, 2018, pp. 5-13.
- [84] A. C. Lemes, K. P. Takeuchi, Carvalho, J. C. M. Carvalho e E. D. G. Danesi, "Fresh Pasta Production Enriched with *Spirulina platensis* Biomass," em *Brazilian Archives of Biology and Technology*, vol. 55, Curitiba, 2012, pp. 741-750.
- [85] M. Boroski, A. C. d. Aguiar, J. S. Boeing, E. M. Rotta, C. L. Wibby, E. G. Bonafé, N. E. d. Souza e J. V. Visentainer, "Enhancement of pasta antioxidant activity with oregano and carrot leaf," em *Food Chemistry*, vol. 125, Elsevier, 2001, pp. 696-700.
- [86] P. Prabhasankar, P. Ganesan, N. Bhaskar, A. Hirose, N. Stephen, L. R. Gowda, M. Hosokawa e K. Miyashita, "Edible Japanese seaweed, wakame (*Undaria pinnatifida*) as an ingredient in pasta: Chemical, functional and structural

- evaluation,” em *Food Chemistry*, India, Elsevier, 2009, pp. Volume 115, 501-508.
- [87] N. Xiao, H.-Z. Huang, Y. Li, L. He e T. Jin, “Multiple failure modes analysis and weighted risk priority number evaluation in FMEA,” em *Engineering Failure Analysis*, vol. 18, China, Elsevier, 2011, pp. 1162-1170.
- [88] K. Grondys, “Economic and Technical Conditions of Selection of Spare Parts Suppliers of Technical Equipment,” em *Procedia Economics and Finance*, vol. 27, Poland, Elsevier, 2015, pp. 85-92.
- [89] D. Bandaly, A. Satir e L. Shanker, “Impact of lead time variability in supply chain risk management,” em *International Journal of Production Economics*, vol. 180, Elsevier, 2016, pp. 88-100.
- [90] A. Molenaers, H. Baets, L. Pintelona e G. Waeyenbergh, “Criticality classification of spare parts: A case study,” *International Journal of Production Economics*, vol. 140, pp. 570-578, 2012.
- [91] C. Teixeira, I. Lopes e M. Figueiredo, “Multi-criteria Classification for Spare Parts Management: A Case Study,” em *Procedia Manufacturing*, vol. 11, Guimarães, Elsevier, 2017, pp. 1560-1567.
- [92] R. Pinto, M. Macchi, M. Garetti e S. Cavalieri, “A decision-making framework for managing maintenance spare parts,” *Production Planning & Control - The Management of Operations*, vol. 19, nº 4, 2008.
- [93] H. Qiwei, J. E. Boylan, C. Huijing e A. Labib, “OR in spare parts management: A review,” em *European Journal of Operational Research*, vol. 266, United Kingdom, Elsevier, 2018, pp. 395-414.
- [94] D. Simchi-Levi e Y. Zhao, “Safety Stock Positioning in Supply Chains with Stochastic Lead Times,” em *Manufacturing & Service Operations Management*, vol. 7, Informs, 2005, p. 295–318.
- [95] D. Espíndola, E. M. Frazzon, B. Hellingrath e C. E. Pereira, “Integrating Intelligent Maintenance Systems and Spare Parts Supply Chains,” *IFAC Proceedings Volumes*, vol. 45, pp. 1017-1022, 2012.

ANEXOS

6 ANEXOS

